

阀门的设计 与应用



张展 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



阀门的设计与应用

主 编 张 展

参 编 曾建峰 张弘松 邢淮阳
杨富松



机械工业出版社

本书主要介绍阀门的设计与应用,内容主要包括概论、阀门的基本参数、阀门的设计与计算、阀门的结构设计、阀门的驱动装置、阀门的测绘设计要点、阀门的零部件以及阀门的技术术语。本书内容新颖,图文并茂,注重先进性和科学性,简明实用。

本书适合从事阀门设计与制造的工程技术人员使用,也适合大专院校相关专业的师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

阀门的设计与应用/张展主编. —北京:机械工业出版社, 2015. 2
ISBN 978-7-111-49491-1

I. ①阀… II. ①张… III. ①阀门—设计 IV. ①TH134

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第041791号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:黄丽梅 责任编辑:黄丽梅 庞 炜

版式设计:赵颖喆 责任校对:肖 琳

封面设计:陈 沛 责任印制:李 洋

高教社(天津)印务有限公司印刷

2015年6月第1版第1次印刷

169mm×239mm·16印张·310千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-49491-1

定价:49.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

前 言

阀门是用于管路的开通、关闭、流量控制、安全防护的一种装置，应用非常广泛，在人们日常生活和工业生产装置中随处可见。随着工业生产装置大型化的发展，阀门规格越来越大。对于阀门的设计、制造、应用也提出了更高的要求。

为了帮助读者正确选用、设计、制造阀门以满足工业生产的要求，我们编写了本书。在编写过程中，我们引进了过去在钢厂、电厂测绘过的国外各种类型的产品，这些产品国产化的研制工作对国内产品的设计与研发有很大的参考价值，设计人员可参照进行设计与创新。

本书内容主要包括概论、阀门的基本参数、阀门的设计与计算、阀门的结构设计、阀门的驱动装置、阀门的测绘设计要点、阀门的零部件以及阀门的技术术语。本书内容新颖，图文并茂，编写时注重先进性和科学性，简明实用。

本书由张展主编，曾建峰、张弘松、邢淮阳、杨富松参与编写，上海电力环保设备总厂有限公司的金华英、刘旭参与了部分资料的整理工作。此外，在本书编写过程中，还得到上海交通大学张国瑞教授、同济大学归正教授的支持。在此一并表示感谢！

我们才疏学浅，旨在抛砖引玉，书中若有不妥之处，敬请广大专家、学者及读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 概论	1
1.1 阀门的功能	1
1.2 阀门在工业中的作用	1
1.3 阀门的分类	2
1.4 阀门型号的编制方法	4
第2章 阀门的基本参数	11
2.1 公称直径	11
2.2 公称压力	12
2.3 压力-温度额定值	13
2.4 工业中常用的阀门	16
第3章 阀门的设计与计算	45
3.1 阀门的计算符号	45
3.2 阀门通用部分典型计算项目	51
3.3 阀门通用部分计算式	72
3.4 阀门专用部分计算式	117
第4章 阀门的结构设计	127
4.1 阀门的设计程序	127
4.2 阀体的结构设计	128
4.3 阀体与阀盖的连接形式	141
4.4 常见阀盖的结构形式	145
4.5 密封面及内件的材料	147
4.6 密封材料	161

4.7 特殊密封结构	174
第5章 阀门的驱动装置	178
5.1 概述	178
5.2 齿轮驱动装置	181
5.3 气动驱动装置	183
5.4 电动驱动装置	188
第6章 阀门的测绘设计要点	194
6.1 通用阀门材料的选用	194
6.2 通用阀门的公差配合	202
6.3 阀门的试验要求	205
6.4 工业阀门的压力试验	216
第7章 阀门的零部件	222
7.1 扳手	222
7.2 手柄	223
7.3 伞形手轮	223
7.4 平形手轮	223
7.5 螺母、螺栓和螺塞	230
7.6 衬套	236
7.7 填料和填料垫	236
附录 阀门的技术术语	242
参考文献	251

第 1 章 概 论

阀门是用于管路的开通、关闭、流量控制和安全防护的一种装置。人们的日常生活离不开阀门，在工业生产装置中阀门更是随处可见，特别是石油、化工、电力及冶金等过程工业的生产装置。由于生产条件的多样性，阀门的种类名目繁多。

1.1 阀门的功能

阀门主要用来控制管路流体的启闭、流向、流量、压力及温度，操作人员通过操作各种阀门，实现对生产过程的控制和调节。阀门的主要功能如下：

- 1) 接通和截断介质。
- 2) 调节介质的压力及流量。
- 3) 防止介质倒流。
- 4) 改变介质的流向，进行介质分流。
- 5) 调节介质的温度，满足工艺要求。
- 6) 防止介质压力超过规定数值，保证管道或设备安全运行。

1.2 阀门在工业中的作用

随着工业技术的不断发展，科学技术的日新月异，人们的衣、食、住、行都离不开能源，且对能源的依赖程度越来越高。在人们居住的城市，如果在一段时间内断电、停水、停气（煤气或天然气）及无油（汽油和柴油），人们的生活和工作将不可想象。

阀门虽是一个很小的设备，但凡是有流体流通的地方，都会利用阀门来控制流体的各种状态。下面是阀门在工业和日常生活应用的一些实例：

1) 在人们的日常生活中，可以经常看到的阀门有：自来水龙头、浴室龙头、煤气龙头及饮水机龙头等。人们日常生活用到的食用油、饮料等，在其生产流水线中也需要大量的阀门。

2) 在冶金系统中，高炉风系统、除尘系统及气体管网系统等，都会用到大量的阀门。

3) 在电力系统,无论是火力发电、余热发电系统或是核能发电,其蒸汽系统、冷却系统及烟尘系统等,都离不开阀门。

4) 在石油天然气系统中,石油的开采、输送及提炼等工业过程,阀门的应用更是不可缺少。

5) 在煤气系统中,人工煤气的生产、输送和进一步深加工过程等方面,都少不了各种阀门的应用。

6) 在空气分离系统中,如制氮、制氧及制氢等空气分离过程,也有大量低温阀门的应用。

7) 在造纸系统、化工系统和制药系统等中,阀门的应用更是相当普遍。

因此,在工业生产中离不开阀门,在人们的日常生活中也离不开阀门,阀门的应用与人们的生活和生产息息相关。随着工业技术的不断进步,生产工艺越来越复杂,生产中的介质条件越来越苛刻,于是对阀门的要求也越高、越来越多样化。随着市场对新阀门的需求,世界各国的阀门生产商都投入大量的人力、物力进行开发和研究,以满足科学技术日益发展的需要。

阀门的基本要求是外漏和内漏应在标准允许的范围。阀门的外漏会造成环境污染,同时也浪费能源;阀门的内漏会造成管道介质控制不严,该关断时不能及时关断,有些会污染管道介质,甚至会产生化学反应,导致爆炸。

阀门的应用领域相当广泛,对阀门的密封要求也越来越高,正确选用和使用阀门是非常重要的。各种阀门有其自身的特点,且有不同的标准要求。根据生产工艺的需要,结合介质的温度、压力、毒性、腐蚀性及火灾危险性等条件,正确、合理地选用阀门,在满足生产操作需要的同时,又要保证安全可靠,这也是有关人员追求的最高目标。

1.3 阀门的分类

阀门的种类繁多,分类方法也很多,常用的分类方法如下:

1. 按用途分类

(1) 截断阀类 用来切断或接通介质,此功能最常用。如闸阀、截止阀、旋塞阀、球阀及蝶阀等。

(2) 止回阀类 用来防止介质倒流。如止回阀、底阀等。

(3) 分流阀类 用来控制介质流向改变,起分配、分流及合流等作用。如三通旋塞阀、四通球阀及分配阀等。

(4) 调节阀类 用来调节介质的流量和压力等。如调节阀、减压阀及节流阀等。

(5) 安全阀类 用来介质压力或液位超过一定值后的泄压和排放,防止容

器或管道超压,起安全保护作用。如安全阀、溢流阀等。

(6) 分离介质阀类 用于将蒸汽和水或水和空气分离开来。如蒸汽疏水阀、空气疏水阀等。

(7) 多用阀 用于替代两个、三个或更多个类型阀门。如截止止回阀、止回球阀等。

2. 按公称压力分类

(1) 真空阀 用于公称压力低于标准大气压的阀门(绝对压力低于0.1MPa)。

(2) 低压阀门 用于公称压力不高于 $PN16$ 的阀门。

(3) 中压阀门 用于公称压力高于 $PN16$,但不高于 $PN100$ 的阀门。

(4) 高压阀门 用于公称压力高于 $PN100$,但不高于 $PN1000$ 的阀门。

(5) 超高压阀门 用于公称压力高于 $PN1000$ 的阀门。

3. 按公称尺寸分类

(1) 小口径阀门 用于公称尺寸不大于 $DN40$ 的阀门。

(2) 中口径阀门 用于公称尺寸大于 $DN40$,但不大于 $DN300$ 的阀门。

(3) 大口径阀门 用于公称尺寸大于 $DN300$,但不大于 $DN1200$ 的阀门。

(4) 特大口径阀门 用于公称尺寸大于 $DN1200$ 的阀门。

4. 按介质温度分类

(1) 深冷阀门 用于介质温度 T 低于 -100°C 的阀门。

(2) 低温阀门 用于介质温度 T 不低于 -100°C ,但低于 -29°C 的阀门。

(3) 常温阀门 用于介质温度 T 不低于 -29°C ,但不高于 120°C 的阀门。

(4) 中温阀门 用于介质温度 T 高于 120°C ,但不高于 425°C 的阀门。

(5) 高温阀门 用于介质温度 T 高于 425°C 的阀门。

5. 按驱动阀门的方式分类

(1) 自动阀门 依靠介质的能量而自行动作的阀门。如止回阀、疏水阀等。

(2) 手动阀门 借用手轮、手柄或扳手等用人力操作的阀门。当需要传递较大力矩时,可借助齿轮或蜗轮等装置。

(3) 气动阀门 借助压缩空气来操作的阀门。

(4) 液动阀门 借助液体(水、油等)来操作的阀门。

(5) 电动阀门 借助电动机、电磁或其他电气装置来操作的阀门。

(6) 联动驱动阀门 借助电-气或电-液联合驱动操作的阀门。

6. 通用分类法

按阀门的作用原理、结构划分是现在国内外常用的分类方法,一般将阀门分为闸阀、截止阀、旋塞阀、球阀、蝶阀、隔膜阀、止回阀、调节阀、安全阀、减压阀、疏水阀等。

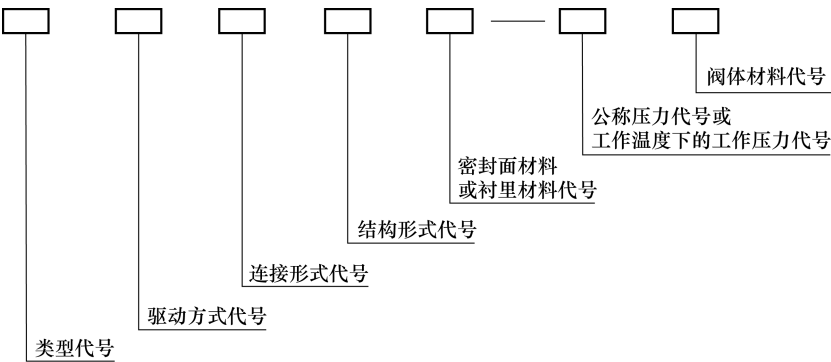
1.4 阀门型号的编制方法（摘自 JB/T 308—2004）

JB/T 308—2004《阀门 型号编制方法》适用于通用中闸阀、截止阀、节流阀、蝶阀、球阀、隔膜阀、旋塞阀、止回阀、安全阀、减压阀、蒸汽疏水阀、排污阀及柱塞阀的型号编制。

1. 阀门的型号编制方法

1) 阀门的型号由阀门类型、驱动方式、连接形式、结构形式、密封面材料或衬里材料类型、公称压力代号或工作温度下的工作压力及阀体材料七部分组成。

2) 编制的顺序如下：阀门类型、驱动方式、连接形式、结构形式、密封面材料或衬里材料类型、公称压力代号或工作温度下的工作压力代号、阀体材料。



2. 阀门类型代号

1) 阀门类型代号用汉语拼音字母表示，具体规定见表 1-1。

表 1-1 阀门类型代号

阀门类型	代号	阀门类型	代号
弹簧载荷安全阀	A	排污阀	P
蝶阀	D	球阀	Q
隔膜阀	G	蒸汽疏水阀	S
杠杆式安全阀	GA	柱塞阀	U
止回阀和底阀	H	旋塞阀	X
截止阀	J	减压阀	Y
节流阀	L	闸阀	Z

2) 当阀门还具有其他功能作用或带有其他特异结构时, 在阀门类型代号前再加注一个汉语拼音字母, 具体规定见表 1-2。

表 1-2 具有其他功能作用或带有其他特异结构的阀门表示代号

第二功能作用名称	代 号	第二功能作用名称	代 号
保温型	B	排渣型	P
低温型	D ^①	快速型	Q
防火型	F	(阀杆密封) 波纹管型	W
缓闭型	H	—	—

① 低温型指允许使用温度低于 -46℃ 的阀门。

3. 驱动方式代号

1) 驱动方式代号用阿拉伯数字表示, 具体规定见表 1-3。

表 1-3 阀门驱动方式代号

驱 动 方 式	代 号	驱 动 方 式	代 号
电磁动	0	锥齿轮	5
电磁-液动	1	气动	6
电-液动	2	液动	7
蜗杆驱动	3	气-液动	8
圆柱齿轮驱动	4	电动	9

注: 代号 1、代号 2 及代号 8 是用在阀门启闭时, 需有两种动力源同时对阀门进行操作。

2) 安全阀、减压阀、疏水阀及手轮直接连接阀杆操作结构形式的阀门, 本代号省略, 不表示。

3) 对于气动或液动机构操作的阀门: 常开式用 6K、7K 表示, 常闭式用 6B、7B 表示。

4) 防爆电动装置的阀门用 9B 表示。

4. 连接形式代号

1) 连接形式代号用阿拉伯数字表示, 具体规定见表 1-4。

表 1-4 阀门连接端连接形式代号

连 接 形 式	代 号	连 接 形 式	代 号
内螺纹	1	对夹	7
外螺纹	2	卡箍	8
法兰式	4	卡套	9
焊接式	6	—	—

2) 各种连接形式的具体结构、采用标准或方式（如法兰面形式及密封方式、焊接形式、螺纹形式及标准等），不在连接代号后加符号表示，应在产品的图样、说明书或订货合同等文件中予以详细说明。

5. 阀门结构形式代号

阀门结构形式用阿拉伯数字表示，具体规定见表 1-5 ~ 表 1-15。

表 1-5 闸阀结构形式代号

结 构 形 式				代 号
阀杆升降式（明杆）	楔式闸板	弹性闸板		0
		刚性闸板	单闸板	1
			双闸板	2
	平行式闸板		单闸板	3
双闸板			4	
楔式闸板			单闸板	5
			双闸板	6
平行式闸板			单闸板	7
			双闸板	8

表 1-6 截止阀、节流阀和柱塞阀结构形式代号

结 构 形 式		代 号	结 构 形 式		代 号
阀瓣非平衡式	直通流道	1	阀瓣平衡式	直通流道	6
	Z 形流道	2		角式流道	7
	三通流道	3		—	—
	角式流道	4		—	—
	直流流道	5		—	—

表 1-7 球阀结构形式代号

结 构 形 式		代 号	结 构 形 式		代 号
浮动球	直通流道	1	固定球	直通流道	7
	Y 形三通流道	2		四通流道	6
	L 形三通流道	4		T 形三通流道	8
	T 形三通流道	5		L 形三通流道	9
	—	—		半球直通	0

表 1-8 蝶阀结构形式代号

结 构 形 式		代 号	结 构 形 式		代 号
密封型	单偏心	0	非密封型	单偏心	5
	中心垂直板	1		中心垂直板	6
	双偏心	2		双偏心	7
	三偏心	3		三偏心	8
	连杆机构	4		连杆机构	9

表 1-9 隔膜阀结构形式代号

结 构 形 式	代 号	结 构 形 式	代 号
屋脊流道	1	直通流道	6
直流流道	5	Y 形角式流道	8

表 1-10 旋塞阀结构形式代号

结 构 形 式		代 号	结 构 形 式		代 号
填料密封	直通流道	3	油密封	直通流道	7
	T 形三通流道	4		T 形三通流道	8
	四通流道	5		—	—

表 1-11 止回阀结构形式代号

结 构 形 式		代 号	结 构 形 式		代 号
升降式阀瓣	直通流道	1	旋启式阀瓣	单瓣结构	4
	立式结构	2		多瓣结构	5
	角式流道	3		双瓣结构	6
—	—	—	蝶形止回式		7

表 1-12 安全阀结构形式代号

结 构 形 式		代 号	结 构 形 式		代 号
弹簧载荷弹簧 封闭结构	带散热片全启式	0	弹簧载荷弹簧 不封闭且带 扳手结构	微启式、双联阀	3
	微启式	1		微启式	7
	全启式	2		全启式	8
	带扳手全启式	4		—	—
杠杆式	单杠杆	2	带控制机构全启式		6
	双杠杆	4	脉冲式		9

表 1-13 减压阀结构形式代号

结 构 形 式	代 号	结 构 形 式	代 号
薄膜式	1	波纹管式	4
弹簧薄膜式	2	杠杆式	5
活塞式	3	—	—

表 1-14 蒸汽疏水阀结构形式代号

结 构 形 式	代 号	结 构 形 式	代 号
浮球式	1	蒸汽压力式或膜盒式	6
浮桶式	3	双金属片式	7
液体或固体膨胀式	4	脉冲式	8
钟形浮子式	5	圆盘热动力式	9

表 1-15 排污阀结构形式代号

结 构 形 式		代 号	结 构 形 式		代 号
液面连接排放	截止型直通式	1	液底间断排放	截止型直流式	5
	截止型角式	2		截止型直通式	6
	—	—		截止型角式	7
	—	—		浮动闸板型直通式	8

6. 密封面或衬里材料代号

1) 除隔膜阀外,当密封副的密封面材料不同时,以硬度低的材料表示。密封面或衬里材料代号的具体规定见表 1-16。

表 1-16 密封面或衬里材料代号

密封面或衬里材料	代 号	密封面或衬里材料	代 号
锡基轴承合金 (巴氏合金)	B	尼龙塑料	N
搪瓷	C	渗硼钢	P
渗氮钢	D	衬铅	Q
氟塑料	F	奥氏体不锈钢	R
陶瓷	G	塑料	S
Cr13 系不锈钢	H	铜合金	T
衬胶	J	橡胶	X
蒙乃尔合金	M	硬质合金	Y

- 2) 隔膜阀以阀体表面材料代号表示。
- 3) 当阀门密封副材料均为阀门的本体材料时，密封面材料代号用“W”表示。

7. 压力代号

- 1) 当阀门使用的压力级符合 GB/T 1048—2005 《管道元件 PN（公称压力）的定义和选用》的规定时，采用该标准 10 倍的兆帕单位（MPa）数值表示。
- 2) 当介质最高温度超过 425℃时，标注最高工作温度下的工作压力代号。
- 3) 压力等级采用磅级（lb）或 K 级单位的阀门，在型号编制时，应在压力代号栏后有 lb 或 K 的单位符号。
- 4) 公称压力小于等于 1.6MPa 的灰铸铁阀门的阀体材料代号在型号编制时予以省略。
- 5) 公称压力大于等于 2.5MPa 的碳素钢阀门的阀体材料代号在型号编制时予以省略。

8. 阀体材料代号

阀体材料代号的具体规定见表 1-17。

表 1-17 阀体材料代号

阀 体 材 料	代 号	阀 体 材 料	代 号
碳钢	C	铬镍钼系不锈钢	R
Cr13 系不锈钢	H	塑料	S
铬钼系钢	I	铜及铜合金	T
可锻铸铁	K	钛及钛合金	Ti
铝合金	L	铬钼钒钢	V
铬镍系不锈钢	P	灰铸铁	Z
球墨铸铁	Q	—	—

注：CF3、CF8、CF3M、CF8M 等材料牌号可直接标注在阀体上。

9. 命名

对于连接形式为“法兰”、结构形式为闸阀的“明杆”、“弹性”、“刚性”和“单闸板”，截止阀和节流阀的“直通式”，球阀的“浮动球”、“固定球”和“直通式”，蝶阀的“垂直板式”，隔膜阀的“屋脊式”，旋塞阀的“填料”的“直通式”，止回阀的“直通式”和“单瓣式”，安全阀的“不封闭式”和“阀座密封面材料”在命名中均予省略。

10. 型号和名称编制方法示例

- 1) 电动、法兰连接、明杆楔式双闸板、阀座密封面材料由阀体直接加工、

公称压力为 $PN0.1\text{MPa}$ 、阀体材料为灰铸铁的闸阀：Z942W-1 电动楔式双闸板闸阀。

2) 手动、外螺纹连接、浮动直通式、阀座密封面材料为氟塑料、公称压力为 $PN4.0\text{MPa}$ 、阀体材料为不锈钢的球阀：Q21F-40P 外螺纹球阀。

3) 气动常开式、法兰连接、屋脊式结构并衬胶、公称压力为 $PN0.6\text{MPa}$ 、阀体材料为灰铸铁的隔膜阀：G6_K41J-6 气动常开式衬胶隔膜阀。

4) 液动、法兰连接、垂直板式、阀座密封面材料为铸铜、阀瓣密封面材料为橡胶、公称压力为 $PN0.25\text{MPa}$ 、阀体材料为灰铸铁的蝶阀：D741X-2.5 液动蝶阀。

5) 电动驱动对接焊连接、直通式、阀座密封面材料为堆焊硬质合金、工作温度 540°C 时的工作压力为 17.0MPa 、阀体材料为铬钼钒钢的截止阀：J961Y-P₅₄ 170V 电动焊接截止阀。

第 2 章 阀门的基本参数

2.1 公称直径

1. 公称直径 DN

公称直径 DN 用于管道元件的尺寸标识，由字母 DN 和无量纲的整数数字组成，数字后不带量纲，数值相当于 mm，如 $DN100$ 表示阀门的流道通径约为 100mm。公称直径也称公称尺寸和公称通径。

阀门的流道通径（内径）与公称直径 DN 的数值并不完全相同。阀门的流道通径与阀门的公称压力 PN 及阀门的结构（如全径、缩径）有关，详见有关样本；阀门的公称直径 DN 仅是阀门的名义尺寸（直径），但又是阀门的基本参数。

2. 阀门常用的公称直径 DN 系列

阀门常用的公称直径 DN 系列，见表 2-1。

表 2-1 阀门常用的公称直径 DN 系列

6	20	50	125	300	500	900	1400	2000	2800	3600
8	25	65	150	350	600	1000	1500	2200	3000	3800
10	32	80	200	400	700	1100	1600	2400	3200	4000
15	40	100	250	450	800	1200	1800	2600	3400	

ASME/API 的 CLASS 系列中 $DN600$ 以上阀门的公称直径，习惯采用 150 进级，如 750、900、1050 等，以此类推，因此与表 2-3 所列数值不同，用户应予以注意。

表 2-1 所列的 DN 系列尺寸是常用系列，如果用户有需要可以插入或增加，如可以有 $DN3$ 、 $DN90$ 、 $DN1350$ 或 $DN2500$ 等。

3. 公称直径 DN 和 NPS

我国采用的公称直径 DN 与 ISO 采用的 SI 制尺寸标识是相同的，但工业发达国家在管道系统中还经常采用英寸制来标识公称直径，如 $NPS 3$ 。 NPS 的含义即为英寸制的公称直径， NPS 后跟无量纲数字，数值相当于 in（英寸）。如 $NPS 3$ ，其流道通径约为 3in，即 76mm，圆整后相当于 $DN80$ 。

DN 与 NPS 的对应关系见表 2-2。

表 2-2 DN 与 NPS 对应关系

DN	8	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
NPS	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1¼	1½	2	2½	3	4

注：公称直径大于或等于 NPS 4 时， $DN = 25 \times NPS$ 数值。

2.2 公称压力

1. 公称压力 PN

公称压力 *PN* 用于管道元件的压力等级标识，由字母 *PN* 和后跟无量纲的数字组成，是管道元件压力额定值的代号。*PN* 后跟的数字，相当于管道元件在常温下可承受的最大工作压力，数值相当于 bar（1bar = 10⁵Pa）。由于管道元件材料的力学性能差异很大，因此 *PN* 后跟的数字是以特定的材料力学性能为基准确定的管道元件压力的额定值，所以，公称压力是名义压力，但又是阀门的基本参数。

2. 公称压力 PN 系列

<i>PN</i> 2. 5	<i>PN</i> 25	<i>PN</i> 160
<i>PN</i> 6	<i>PN</i> 40	<i>PN</i> 250
<i>PN</i> 10	<i>PN</i> 63	<i>PN</i> 320
<i>PN</i> 16	<i>PN</i> 100	<i>PN</i> 400

3. 压力等级 CLASS 和公称压力 PN

（1）我国采用的公称压力 *PN* 与 ISO 采用公称压力标识方式是相同的，但美国等工业发达国家在管道系统中还经常采用 *CLASS*（即压力等级）来标识管道元件的承压能力，如 *CLASS*150、*CLASS*300 等。*CLASS* 后跟一个无量纲数字是美洲体系管道元件压力等级的标志。

压力等级 *CLASS* 系列如下：

(<i>CLASS</i> 125)	(<i>CLASS</i> 800)
<i>CLASS</i> 150	<i>CLASS</i> 900
(<i>CLASS</i> 250)	<i>CLASS</i> 1500
<i>CLASS</i> 300	<i>CLASS</i> 2500
(<i>CLASS</i> 400)	(<i>CLASS</i> 4500)
<i>CLASS</i> 600	

上述 *CLASS* 系列中，*CLASS*125 和 *CLASS*250 仅用于灰铸铁法兰和阀门，*CLASS*400 为非常用压力等级，*CLASS*800 仅用于小口径阀门，*CLASS*4500 仅用于对焊高压阀门。

(2) 必须注意的是：*CLASS* 后跟的数字相当于某一特定材料的管道元件在高温下 (850°F) 可承受的最大工作压力，数值相当于 lb/in^2 ，因此，由于基准不同，*PN* 和 *CLASS* 的对应关系不能通过简单的计量单位换算而得。

由于在两个系列的标准体系中，法兰连接尺寸等截然不同，因此工程上将公称压力 *PN* 和压力等级 *CLASS* 进行换算、比较或交叉使用是没有必要或者是不明智的。

前些年，ISO 曾试图将管道元件（如管法兰和阀门）中的 *CLASS* 系列公制化，统一以 *PN* 命名，但推行十余年后，国际上响应甚少。为此近年来，ISO 又恢复了 *PN* 与 *CLASS* 两个系列并存的做法。我国也曾受 ISO 影响，将管法兰和阀门中的 *CLASS* 系列公制化，统一以 *PN* 命名，见表 2-3。目前正在逐步恢复 *CLASS* 系列的标识，但仍有相当一部分的 GB 及 JB 标准未及修订，用户使用时应予特别注意。

表 2-3 ISO 曾推行的 *CLASS* 系列的 *PN* 对应值（钢制管法兰和阀门）

<i>CLASS</i>	150	300	(400)	600	800	900	1500	2500
<i>PN</i>	20	50	68	110 (100)	140	150	260	420

注：*CLASS*600 曾被 ISO 对应为 *PN*100，后为避免与原 *PN* 系列中的 *PN*100 混淆，故又改称 *PN*110。

2.3 压力-温度额定值

所谓公称压力或压力等级都是以管道元件（如管法兰和阀门）在某一特定的力学性能（基准值）下压力的额定值来命名的。

1. 压力-温度额定值

不同的材料在不同的温度下，其力学性能与上述基准值不同时，管道元件（如管法兰和阀门）的压力额定值将随之变动，这就是 ASME B16.34 等阀门基础标准规定的压力-温度额定值。阀门及法兰的压力-温度额定值是：

- 1) 指定温度。
- 2) 指定材料（组别）。
- 3) 指定公称压力或压力等级。
- 4) 阀门/法兰的最大允许工作压力。

(1) 公称压力 *PN* 系列钢制阀门的压力-温度额定值，公称压力 *PN* 系列是以钢材常温屈服强度 210MPa 为基准值命名的。因此，不同的材料在不同的温度下，阀门的压力-温度额定值都将据此确定。

(2) 压力等级 *CLASS* 系列钢制阀门的压力-温度额定值，压力等级 *CLASS* 系列是以 454℃ 碳钢 WCB、WCC 的压力额定值为基准值命名的。因此，不同的材

料在不同的温度下，阀门的压力-温度额定值都将据此确定。

(3) *PN* 系列和 *CLASS* 系列阀门的材料分组及压力-温度额定值与相应管法兰的材料分组及压力-温度额定值完全相同。

(4) 使用阀门压力-温度额定值时应注意以下几点：

1) 钢制阀门压力-温度额定值（标准级）适用于法兰连接端、焊接（BW、SW）连接端和螺纹连接端的钢制阀门。

2) 铸铁、铜合金及铝合金阀门压力-温度额定值适用于法兰连接端和螺纹连接端的铸铁、铜合金及铝合金阀门。

3) 钢制阀门（如锻钢小口径阀）经常采用 *CLASS800* 压力级，但管法兰压力-温度额定值中没有此压力级。对于 *API602* 标准，在 *CLASS600* 与 *CLASS900* 之间，采用内插法得出了 *CLASS800* 的压力-温度额定值，详见有关标准和样本。

2. 阀门的工作压力、工作温度和试验压力

(1) 阀门的工作压力是指阀门在相应工作温度下的工作压力，该值应不大于相应材料在相应工作温度下的压力-温度额定值。用户应据此来确定阀门的公称压力或压力等级。

阀门的工作温度一般是指阀门壳体內的介质温度。

(2) 阀门的试验压力是指阀门进行壳体试验（强度试验）和密封试验（包括密封试验和上密封试验）时的压力。阀门的试验压力可按相关标准或按订货合同确定。阀门的强度试验压力一般为其常温压力额定值的 1.5 倍。用户应注意：阀门的强度试验压力应不低于管道系统的液压试验压力。

(3) 当阀门采用非金属内件（如密封副、轴套、内衬、垫片及填料等）时，阀门的压力-温度额定值还应考虑非金属材料的允许工作压力和工作温度，详见有关标准和样本。

3. 常用阀门的压力-温度额定值

(1) *PN* 系列灰铸铁阀门的压力-温度额定值见表 2-4。

表 2-4 *PN* 系列灰铸铁阀门的压力-温度额定值（GB/T 17241.7—1998）

材 料 标 准	材 料 牌 号					
GB/T 12226—2005	HT200					HT250 HT300
	HT250					
	HT300					
工作温度/℃	最大允许工作压力/bar					
	2.5 <i>PN</i>	6 <i>PN</i>	10 <i>PN</i>	16 <i>PN</i>	25 <i>PN</i>	40 <i>PN</i>
— 10 ~ 66	2.5	6.0	10.0	16.0	25.0	40.0
120	2.5	6.0	10.0	16.0	25.0	40.0
150	2.3	5.4	9.0	14.4	22.5	36.0

(续)

工作温度/℃	最大允许工作压力/bar					
	2.5PN	6PN	10PN	16PN	25PN	40PN
180	2.1	5.0	8.4	13.4	21.0	33.6
200	2.0	4.8	8.0	12.8	20.0	32.0
230	1.9	4.4	7.4	11.8	18.5	29.6
250	1.8	4.2	7.0	11.2	17.5	28.0
300	1.5	3.6	6.0	9.6	15.0	24.0

(2) PN 系列球墨铸铁阀门的压力-温度额定值见表 2-5，至于其他材料阀门的压力-温度额定值详见有关标准或样本。

表 2-5 PN 系列球墨铸铁阀门的压力-温度额定值（GB/T 17241.7—1998）

材料标准	材料牌号							
GB/T 12227—2005	QT400-18 QT400-18A QT400-18L QT400-18AL QT450-10	QT400-15 QT400-15A	QT400-18 QT400-18A QT400-18L QT400-18AL QT450-10	QT400-15 QT400-15A	QT400-18 QT400-18A QT400-18L QT400-18AL QT450-10	QT400-15 QT400-15A	QT400-18 QT400-18A QT400-18L QT400-18AL QT450-10	QT400-15 QT400-15A
工作温度/℃	最大允许工作压力/bar							
	10PN		16PN		25PN		40PN	
-10~40	10.0	10.0	16.0	16.0	25.0	25.0	40.0	40.0
120	10.0	10.0	16.0	16.0	25.0	25.0	40.0	40.0
150	9.5	9.7	15.2	15.5	23.8	24.3	38.0	38.8
200	9.0	9.2	14.4	14.7	22.5	23.0	36.0	36.8
250	8.0	8.7	12.8	13.9	20.0	21.8	32.0	34.8
300	7.0	8.0	11.2	12.8	17.5	20.0	28.0	32.0
350	5.5	7.0	8.8	11.2	13.8	17.5	22.0	28.0

目前，英美国家采用的是英制单位磅级，由于公称压力和磅级的温度基准不同，因此两者没有严格的对应关系，两者间大致的对应关系参见表 2-6。

表 2-6 磅级和公称压力的对照表（参考）

磅级 CLASS	150	300	400	600	800	900	1500	2500
公称压力 PN/MPa	1.6 2.0	2.5 4.0 5.0	6.3	10.0	—	15.0	25.0	42.0

日本标准中还有一种“K”级制，例如 10K，20K，40K 等，这种压力级的

概念和英制单位中的磅级制相同，但计量单位采用米制，“K”级与磅级之间的关系参见表 2-7。

表 2-7 “K”级与磅级对照表

磅级 CLASS	150	300	600
K 级	10	20	40

2.4 工业中常用的阀门

阀门是用于管路的开通、关闭、流量控制及安全防护的一种装置，人们日常生活中离不开阀门，阀门在工业生产过程中更是随处可见。不同类型的阀门有不同的功能，即使同一类型阀门当其结构不同时，其性能也有差异。下面就工业上常用的阀门（如闸阀、截止阀、旋塞阀、球阀、蝶阀、隔膜阀及止回阀等）作一介绍。

1. 闸阀

闸阀是闸板沿阀体流道中心线的垂直方向移动并达到启闭目的的阀门，主要作切断用，使用广泛。闸阀的结构如图 2-1 所示。

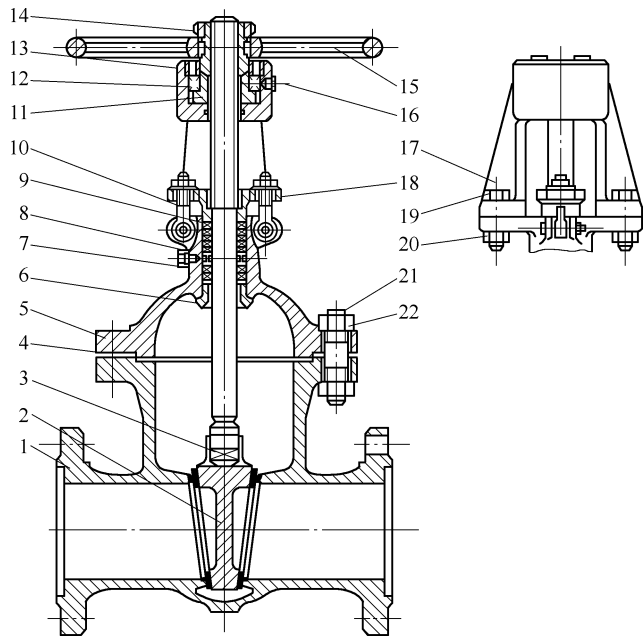
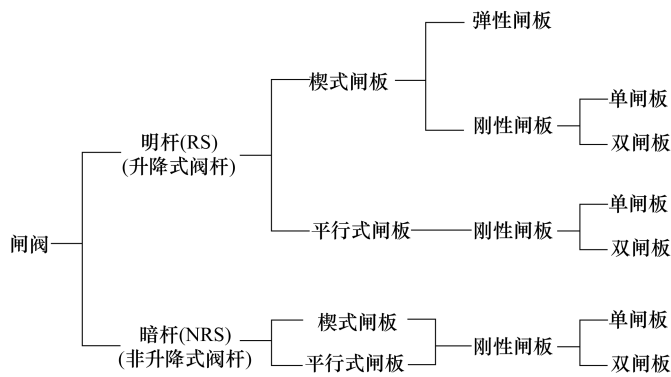


图 2-1 闸阀的结构

- 1—阀体 2—闸板 3—阀杆 4—垫片 5—阀盖 6—上密封座 7—螺塞 8—带孔填料垫 9—填料
10—活节螺栓 11—阀杆螺母 12—轴承 13—轴承压盖 14—锁紧螺母 15—手轮 16—油杯
17—支架 18—填料压盖 19—螺栓 20、22—螺母 21—螺柱

(1) 闸阀按结构形式分类 闸阀按结构形式可分成以下类型：



(2) 闸阀的性能 闸阀在管道上作全开或全关切断用，一般不作调节流量用（如用来调节流量，闸板和阀座密封面易冲蚀损坏而且噪声大）。其壳体采用不同的材料，可适用于不同温度、不同压力及不同性质的介质，适用范围广，但闸阀一般不宜用于输送泥浆等黏稠类的介质。

1) 闸阀的工艺特点。闸阀的工艺特点见表 2-8。

表 2-8 闸阀的工艺特点

	优 点	缺 点
闸 阀	(1) 流体阻力小，压力损失小 (2) 阀门启闭所需力矩小 (3) 阀门内介质可双向流动 (4) 结构较简单，制造工艺性相对较好 (5) 密封性较截止阀好	(1) 一般闸阀有两个密封面，加工制造较截止阀复杂 (2) 密封面间有相对摩擦，磨损较大，密封面磨损后修理不方便 (3) 阀门中腔结构尺寸大，致使结构长度长，外形尺寸大，安装空间大，大口径闸阀尤显笨重 (4) 阀门启闭时间长 (5) 能形成密闭阀腔，故需要时应设置防止中腔异常升压的泄压结构

2) 闸阀的结构形式

① 闸板的结构形式。楔式闸板是指两侧密封面呈一定角度（如 5°、4°、2°52'）的楔形板与具有同样角度的两阀座组成两个密封副。

a. 楔式刚性单闸板和楔式弹性闸板。楔式刚性单闸板和楔式弹性闸板的结构及性能比较见表 2-9。

b. 楔式双闸板。楔式双闸板的结构及性能见表 2-10。

表 2-9 楔式刚性单闸板和楔式弹性闸板结构及性能比较

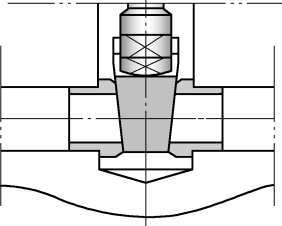
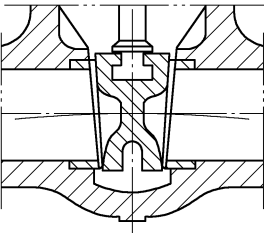
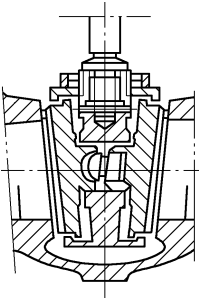
形式和参考结构图	优 点	缺 点
楔式刚性单闸板 	结构简单（闸板是一整块楔形板）	（1）与阀座配合的楔形密封面角度的加工精度高、加工及维修困难 （2）长时间关闭或高温状态下容易被楔住
楔式弹性闸板 	（1）结构简单，使用可靠，闸板弹性结构能产生微量的弹性变形来弥补密封面角度加工中产生的偏差（楔形弹性闸板依靠弹性槽的间隙变形来调整密封面角度，保证密封） （2）高温状态下不易被楔住，改善工艺性	不宜用于结焦介质，如果结焦介质充塞弹性槽间隙就会失去弹性变形能力

表 2-10 楔式双闸板结构及性能

楔式双闸板	优 点	缺 点
	（1）楔式双闸板由两块楔板及其他组件组成闸板，密封面角度的精度要求低，温度变化不易引起楔住 （2）密封面不易磨损，可转动一定角度，磨损较均匀 （3）密封面磨损后可加垫片补偿，不必堆焊研磨密封面（对楔式双闸板的组件进行调换比较方便）	（1）结构复杂，零件多，阀体中腔增大，成本高 （2）不宜用于黏性介质（原理同楔式弹性闸板）

c. 平行式单闸板和平行式双闸板。与楔式闸板相比，平行式闸板两侧的密封面是平行的并与两平行阀座组成密封副。平行式单闸板和平行式双闸板又分成无导流孔闸板及有导流孔闸板（普通型和调节型），如图 2-2 所示。

无导流孔平行式闸板闸阀安装尺寸小、重量轻，适用于不需通球清管的场合。

有导流孔平行式闸板闸阀是全通径的，可用于需通球清扫的管线上。

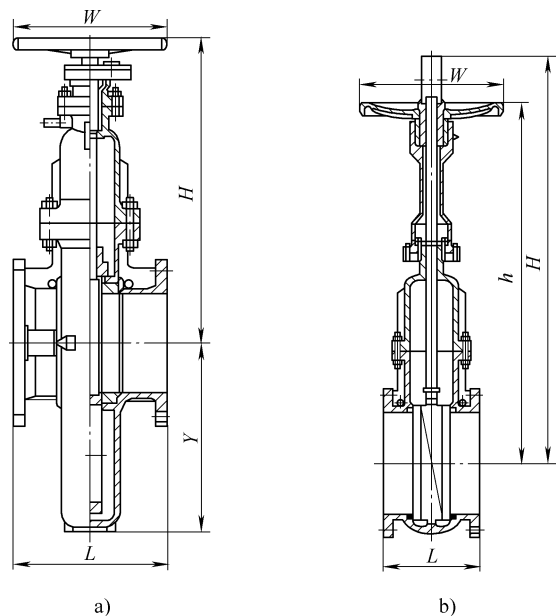


图 2-2 平行式闸板闸阀

a) 有导流孔平行式单闸板闸阀 b) 无导流孔平行式双闸板闸阀

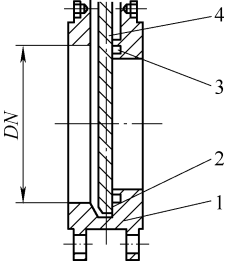
平行式闸板的结构及性能见表 2-11。

表 2-11 平行式闸板的结构及性能

结 构 形 式	优 点	缺 点
(1) 单闸板与两浮动阀座双向密封，密封可靠 (2) 双闸板结构特殊，关闭时双闸板撑开，与两阀座密封面紧密接触；开启时闸板与阀座密封面迅速分离，避免密封副摩擦，在介质温度变化时仍能保证密封可靠 (3) 密封副类型有金属/金属或金属/非金属（+金属）。当发生事故时，如果密封面损坏，可增设加注密封脂的辅助装置，注入的密封脂起短时密封作用，给阀门的维修或更换争取时间 (4) 当中腔压力异常升高时，单闸板闸阀会自动泄压；双闸板闸阀和有双阻断功能的阀门通过泄压装置排放中腔过高的压力，来确保阀门壳体的安全	(1) 密封可靠，使用寿命长，当闸板紧贴阀座上下移动时，介质中如有杂质，也不影响密封 (2) 与楔式闸阀比无卡阻现象，无楔紧力，流阻系数小，操作扭矩小 (3) 阀座为 PTFE 时有自清洁、自润滑作用，启闭力矩小，操作灵活、轻便，维护保养方便 (4) 应急密封脂可短时阻止介质泄漏	(1) 适用于清洁介质 (2) 不适用于黏稠、易结焦介质（因此类介质会黏住密封面，影响密封和启闭） (3) 如增设加注密封脂的装置，结构复杂

d. 刀形闸板。刀形闸板是薄形的无导流孔单闸板，其结构和性能见表 2-12。

表 2-12 刀形闸板结构和性能

参考结构图	结 构 形 式	优 点	缺 点
 1—阀体 2—楔块 3—密封圈 4—刀形闸板	(1) 启闭件是一块薄形平板单面密封的闸板，适用于无冲击载荷工况 (2) 密封副类型有金属/金属和金属/非金属（+金属），密封副结构简单，密封性好 (3) 按不同工况可分为密封型和非密封型两类 (4) 刀形闸阀的通道形式一般为圆形，也可以是三角形和五角形。刀形闸阀无阀盖，结构简洁	(1) 结构简洁，重量轻，流阻系数小 (2) 启闭力矩小，操作轻便、灵活、安全，工作可靠，维护保养方便 (3) 适用于粉末或固体颗粒状介质	适用范围受限制 (1) 只用于无冲击载荷工况 (2) 公称压力不大于 PN25 (3) 工作介质为粉末或固体颗粒

② 明杆及暗杆结构形式。明杆楔式单闸板闸阀如图 2-1 所示，暗杆楔式单闸板闸阀如图 2-3 所示，二者的性能比较见表 2-13。

表 2-13 闸阀的明杆结构与暗杆结构性能比较

形 式	优 点	缺 点
明杆	(1) 阀杆的梯形螺纹和阀杆螺母在承压体外，启闭阀门时，阀杆做升降运动，带动闸板升降，外露的阀杆梯形螺纹便于润滑且不受介质侵蚀 (2) 启闭高度直观 (3) 使用广泛	随阀门开启，阀杆上升，所占安装空间大
暗杆	(1) 阀杆梯形螺纹和阀杆螺母在承压体内，启闭阀门时，阀杆做旋转运动带动闸板升降，闸阀的外形总高度保持不变，所以安装空间小 (2) 适用于无腐蚀性、无毒性、常温、低压的介质	(1) 阀门启闭状态不直观，所以必须装启闭指示器 (2) 阀杆梯形螺纹不仅无法润滑，而且直接浸在介质里，受侵蚀，易损坏，使用条件受限制

2. 截止阀

截止阀是关闭件——阀瓣沿阀座中心线移动的阀门，截止阀在管道上主要作切断用，使用较普遍，直通式截止阀的结构如图 2-4 所示。

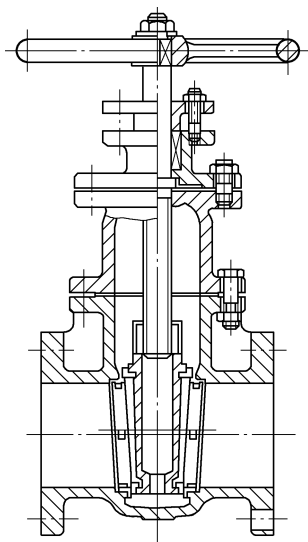


图 2-3 暗杆楔式单闸板闸阀

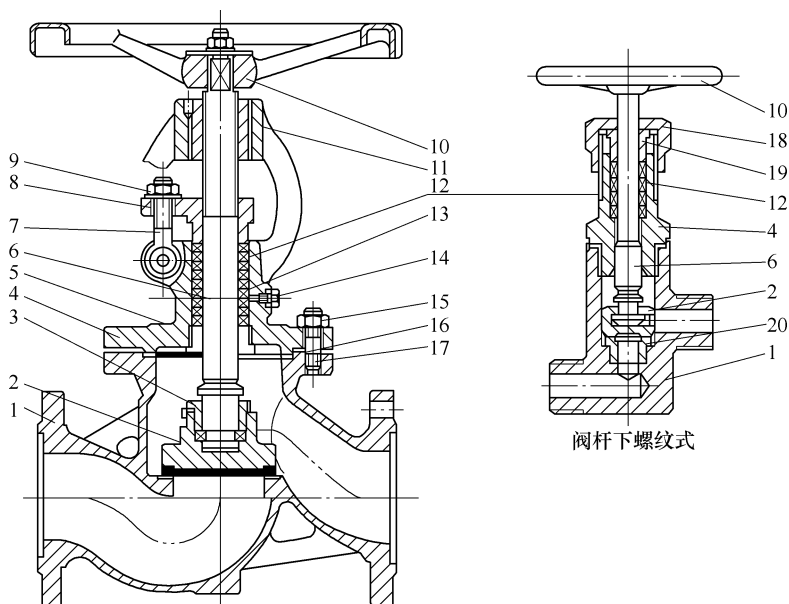
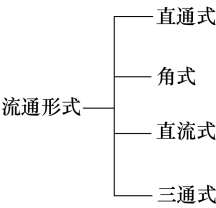


图 2-4 直通式截止阀结构

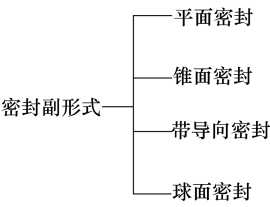
- 1—阀体 2—阀瓣 3—阀瓣盖 4—阀盖 5—上密封座 6—阀杆 7—活节螺栓 8—填料压盖
 9、15—螺母 10—手轮 11—阀杆螺母 12—填料 13—带孔填料垫 14—螺塞 16—垫片
 17—螺柱 18—压套螺母 19—填料压套 20—阀座

(1) 截止阀的分类 截止阀有多种分类方法。

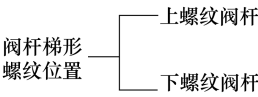
1) 按流通形式分类



2) 按密封副的结构形式分类



3) 按阀杆梯形螺纹的位置分类



(2) 截止阀的性能 截止阀主要用于切断或接通管路中的介质，可在短时间内用来调节介质的流量，如果长期用于调节，密封面会被介质冲蚀，密封性能受影响。

1) 截止阀的性能。截止阀的性能见表 2-14。

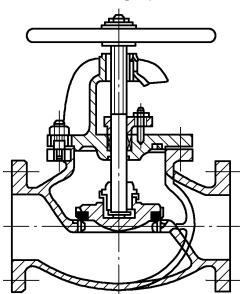
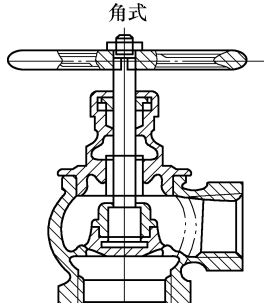
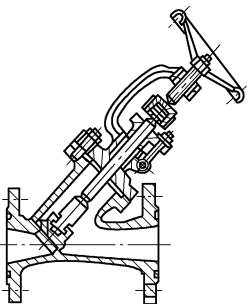
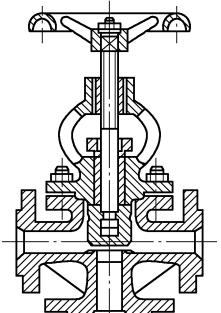
表 2-14 截止阀的性能

	优 点	缺 点
截止阀	(1) 启闭过程中，密封面间的摩擦力比闸阀小 (2) 开启高度小，启闭时间短 (3) 一般只有一个密封副，制造工艺性好，阀座、阀瓣也便于维修和更换 (4) 适用于高温介质	(1) 密封性比闸阀差，对含有固体颗粒杂质的介质密封面易损坏 (2) 不宜用于黏性、带颗粒或易结焦等介质 (3) 阀门启闭时所需的力矩大，不宜用于大口径、高压环境 (4) 阀瓣等内件占据空间大、中腔大，致使结构长度长 (5) 流阻系数大，压力损失大 (6) 介质一般只能单方向流动

2) 截止阀结构形式

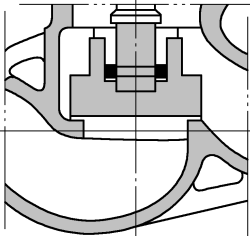
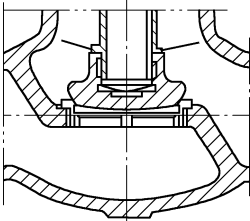
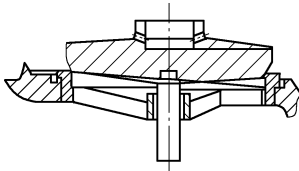
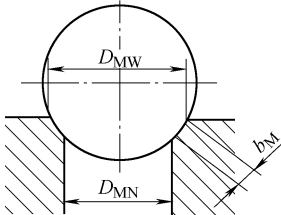
① 流通形式。截止阀各种流通形式结构和性能比较见表 2-15。

表 2-15 截止阀各种流通形式结构和性能比较

结构形式和参考结构图	优 点	缺 点
直通式 	介质进出口通道在同一方向呈 180°，流动状态的破坏相对较小，所以通过阀门的压力损失相应较小	无论介质的流向是从左向右或从右向左，介质流道都有弯曲、有阻力，会造成一定的压力损失
角式 	两个通道不在同一方向而是呈 90°夹角，可使介质流动方向改变 90°。可安装在管道拐角处，节约 90°的弯头	通过管路改变介质的流动方向，压力损失比直通式大
直流式 	又称 Y 形截止阀 (1) 阀杆与通道成一定角度，使阀座密封面与进出口通道成一定角度，使流体几乎成直线流过阀门，是截止阀流阻最小的形式 (2) 阀体可制成整体式或分体式。分体式由两片阀体夹住阀座，便于制造和维修	(1) 斜装的阀杆行程长，使阀门的高度增加，安装空间增加 (2) 整体式阀体加工难度大于直通式阀体 (3) 分体式在两阀体夹阀座处易泄漏 (4) 由于手轮和管道间有夹角，在管道上安装时要考虑手轮的操作空间
三通式 	截止阀具有三个通道，通常用作改变介质流向和介质分配	压力损失大

② 密封副结构形式。截止阀各种密封副形式结构和性能比较见表 2-16。

表 2-16 截止阀各种密封副形式结构和性能比较

结构形式和参考结构图	优 点	缺 点
平面密封 	密封面接触时无摩擦 (1) 对关闭件的导向要求不高, 对密封面材料的抗擦伤要求也不高 (2) 如果发生管道应力使阀门密封面圆度变形时也不会影响密封性能	介质中的固体颗粒和沉淀物易损伤密封面
锥面密封 	(1) 密封面为锥形, 使接触面变窄, 在一定密封力的作用下, 密封比压大大增加, 容易达到密封, 密封效果好 (2) 锥面密封比平面密封受固体颗粒和介质沉淀物的损伤少一些	(1) 锥面密封是在摩擦下配合, 要求密封材料耐摩擦 (2) 虽然密封面比平面密封损伤小, 但不宜在固体颗粒和沉淀介质中使用 (3) 锥面密封的加工和配合较平面密封困难
带导向密封 	(1) 可使锥面密封的阀瓣正确与窄密封面的阀座配合, 达到好的密封效果 (2) 阀瓣在阀体中导向时, 阀瓣受到的流动介质侧向推力由阀体承受, 而不是由阀杆承受, 这就更进一步增强了阀门的密封性和填料处的密封性	比锥面密封结构复杂, 增加的导向结构使加工制造和修理困难
球面密封原理图 	(1) 阀瓣的密封面为球形, 阀座的密封面为锥形, 球形阀瓣可在阀座上有一定范围的转动调整。密封副接触为线密封, 密封应力高、易密封、寿命长 (2) 如果阀瓣采用高硬度的钢球或陶瓷可用于高温截止阀 (3) 适用于带微小固体颗粒的介质	(1) 线密封面容易被冲蚀损坏, 要求阀座密封面的材料耐冲蚀 (2) 适用于小口径阀门

③ 阀杆。截止阀阀杆一般都做升降运动，手轮固定在阀杆的上端部，当顺时针转动手轮时阀杆带动阀瓣向下运动关闭阀门。

根据阀杆梯形螺纹位置的不同可分为上螺纹阀杆和下螺纹阀杆，上螺纹阀杆的梯形螺纹位于阀杆的上半部，下螺纹阀杆的梯形螺纹位于阀杆的下半部，两者的性能比较见表 2-17。

表 2-17 上螺纹阀杆与下螺纹阀杆性能比较

结构形式	优点	缺点
上螺纹阀杆（见表 2-15 “直通式”参考结构图）	（1）阀杆螺纹部分在承压体外，不与介质接触，不受介质腐蚀，也便于润滑 （2）上螺纹阀杆不易歪斜，能保证阀瓣与阀座的良好对中，有利于密封 （3）适用于大口径、高温、高压或腐蚀性介质	阀杆的长度较长，使阀门的总高度较高
下螺纹阀杆（见表 2-15 “角式”参考结构图）	（1）阀杆的总长度较短，可减少阀门的总高度 （2）宜用于小口径、较低温度和非腐蚀性介质	下螺纹阀杆的螺纹部分在阀体内腔并与介质接触，易受介质腐蚀且无法润滑

3. 节流阀

节流阀是指通过改变通道面积来调节介质流量或压力的手动阀门，在管道上主要作节流用，但调节精度不高。

常用于在截止阀改变阀瓣形状后作节流用。由于介质在节流状态下流速很高，容易使节流阀阀瓣受到冲蚀磨损，一般的节流阀只作调节用是非密封型，常见节流阀阀瓣的结构如图 2-5 所示。如果需要密封型节流阀，对阀座和阀瓣的密封面需按密封性设计、制造和试验。

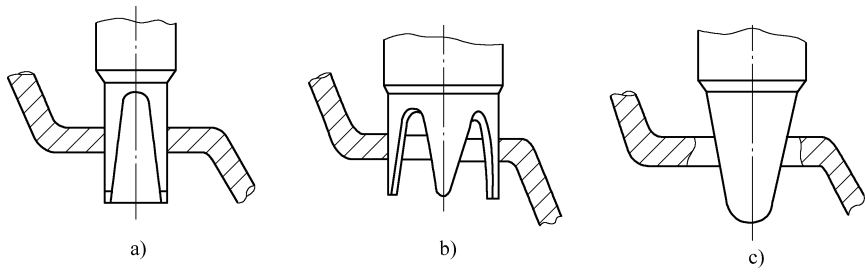


图 2-5 常见节流阀阀瓣的结构

a) 沟形阀瓣 b) 窗形阀瓣 c) 塞形阀瓣

4. 柱塞阀

柱塞阀又称柱塞式截止阀，是将阀瓣变形成柱塞、阀座变形成套环的截止阀。柱塞阀靠柱塞的外圆表面与被压紧的套环配合实现密封切断介质，柱塞上升至露出套环通孔时，介质流通，阀门开启。柱塞阀结构如图 2-6 所示，柱塞阀性能见表 2-18。

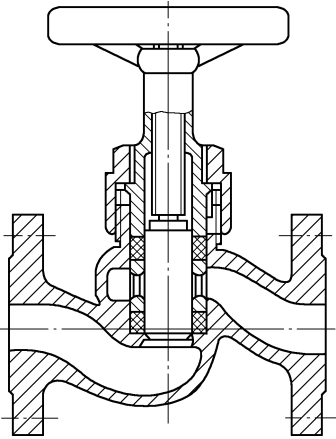


图 2-6 柱塞阀结构

表 2-18 柱塞阀性能

	优 点	缺 点
柱塞阀	(1) 阀门结构简单，阀体外形与截止阀相似。制造工艺简单，柱塞圆柱表面加工方便，套环可用非金属软密封，密封性好，也便于维修和更换 (2) 适用温度由套环等结构的材质确定，一般应用于中、低压的中、小口径管道上	(1) 流体阻力比直通式截止阀大 (2) 圆柱形密封副密封面积和摩擦力大，所以启闭力矩大且启闭速度慢

通过改变与外部的连接结构，柱塞阀变为罐底阀，用于黏稠物料或粉料的输送及罐底管道的切断。

5. 旋塞阀

旋塞阀是关闭件——塞子绕阀体中心线旋转 90°后达到启闭目的的一种阀门，在管道上主要作切断、分配和改变介质流动方向用。根据介质的性质和阀门密封面的耐冲蚀性，旋塞阀有时也可用来节流。法兰连接端柱形塞油封/润滑型旋塞阀如图 2-7 所示。

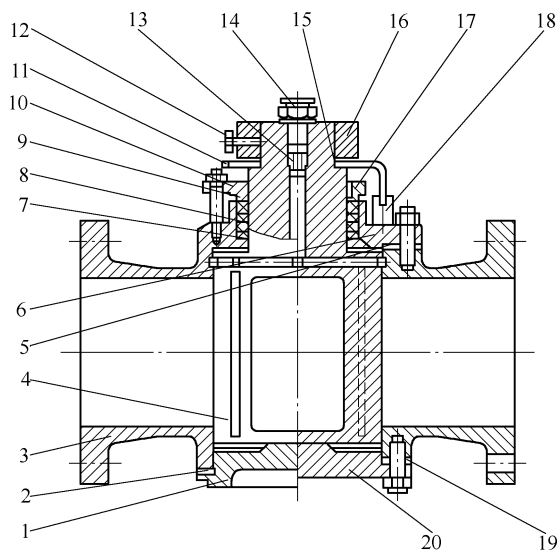
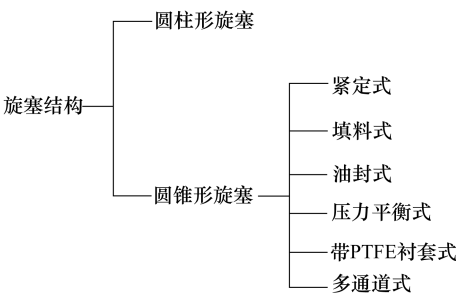


图 2-7 法兰连接端柱形塞油封/润滑型旋塞阀

1, 6, 20—阀盖 2—垫片 3—阀体 4—旋塞 5—垫片或密封圈 7—填料垫 8—填料
9—填料压套 10—填料压板 11—指示板和限位板 12—紧定螺栓（钉） 13—止回阀
14—注油嘴 15—卡圈 16—手柄 17—填料压盖 18—限位块 19—垫片

(1) 旋塞阀按旋塞结构分类



(2) 旋塞阀的性能 圆柱形旋塞通道一般呈矩形，圆锥形旋塞通道一般呈梯形，这些形状与阀门的圆形通道连接会产生压力损失。有时候，旋塞阀的通道也可以做成圆孔，此时旋塞阀的结构尺寸会增大。旋塞阀密封面之间运动时带有擦拭作用，所以全开时可完全将密封面与介质隔开，故可用于带固体颗粒的介质。

多通道的旋塞阀用于介质分配和改变介质流向。旋塞阀广泛应用于油田开采、输送和炼油装置，也应用于石化煤气等工业。

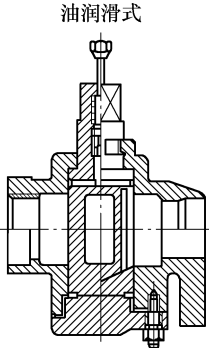
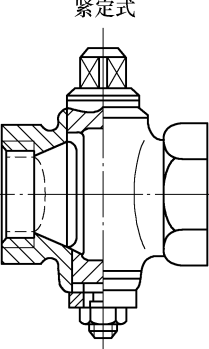
1) 旋塞阀的性能。旋塞阀的性能见表 2-19。

表 2-19 旋塞阀的性能

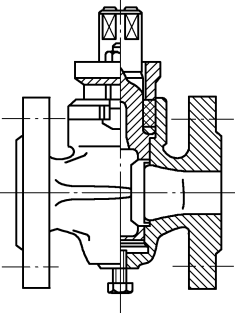
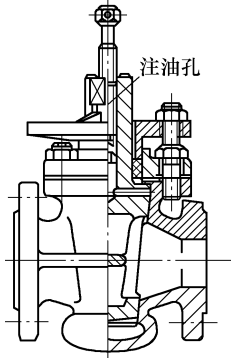
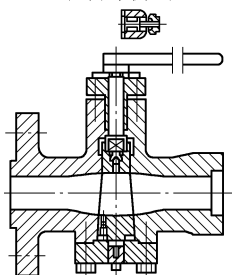
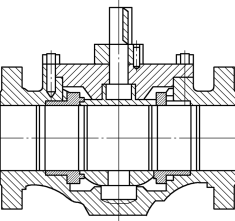
	优 点	缺 点
旋塞阀	(1) 转动 90°就能开关, 启闭迅速, 操作方便 (2) 可双向流通, 零件少, 重量轻, 流阻较小 (3) 旋塞阀适用于多通道结构, 一个阀门可获得两个、三个甚至更多的阀门流道, 可简化管道系统设计 (4) 适用于温度较低、黏度较大介质	(1) 密封面积大, 摩擦力大, 启闭较费力, 操作力矩大 (2) 受结构形式限制, 不适用于高温、高压管道, 一般使用温度不大于 300℃ (3) 如果用软密封阀座应设计耐火及防静电结构

2) 旋塞阀结构形式。旋塞阀几种结构形式性能的比较见表 2-20。

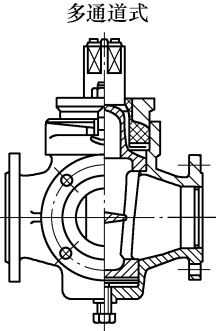
表 2-20 旋塞阀几种结构形式性能比较

结构形式和参考结构图	结 构	优 点	缺 点
圆柱形旋塞 	圆柱形旋塞阀密封方法有：①使用密封剂；②使用旋塞膨胀；③使用 O 形密封圈；④使用偏心旋塞楔入阀座 对于注射密封剂的圆柱形旋塞阀，密封剂是从阀杆注入，然后进入旋塞密封面产生密封的	阀门使用时应补充注射密封剂，保证旋塞与阀体间的密封，特别适用于全开、全关的磨蚀性介质	(1) 添加密封剂常由人工操作，密封剂不够时易产生泄漏；过量时从密封副间溢出结晶，造成阀门转不动。如果设置自动注射密封剂装置则会增加成本，阀门占据的空间也加大 (2) 不宜用于节流功能，节流时露出的密封面上的密封剂会被介质冲刷掉 (3) 选用的密封剂应不影响介质性质
圆锥形旋塞 	旋塞与阀体密封面间的密封由调节旋塞下面的螺母来实现	结构简单，无填料	(1) 密封性差 (2) 适用于公称压力不大于 PN6 的低压工况

(续)

结构形式和参考结构图		结 构	优 点	缺 点
圆锥形 旋塞	填料式 	阀体内带有填料函，通过压紧填料使旋塞与阀体密封面压紧。阀体下部的螺钉起松紧旋塞与阀体密封面配合的调节作用	(1) 密封性较好 (2) 大量用于公称压力为 $PN10 \sim 16$ 的工况	结构较紧定式复杂
	油封式 	采用强制润滑，用油枪将密封脂强制注入旋塞与阀体内的油槽，使旋塞和阀体密封面间形成一层油膜	(1) 提高密封性 (2) 启闭阀门省力 (3) 防止密封面受损伤 (4) 适用于公称压力为 $CLASS150 \sim 300$ ，公称尺寸为 $NPS1/2 \sim 36$ 的工况 (5) 广泛应用于输油、输气管道	(1) 结构复杂 (2) 应选择无污染介质的密封脂
	压力平衡式 	倒锥形的旋塞与阀体密封面间的密封是依靠密封脂和介质本身压力将旋塞向上压紧来实现的	(1) 密封可靠 (2) 操作省力 (3) 适用于公称压力为 $CLASS150 \sim 300$ ，公称尺寸为 $NPS1/2 \sim 36$ 的工况 (4) 主要应用于石油、天然气的输送管道	(1) 结构复杂 (2) 应选择无污染介质的密封脂
	PTFE 衬套式 	PTFE 衬套镶嵌在阀体上作阀座使用，具有自润滑性，避免了旋塞黏滞	(1) 密封面积大，密封表面上即使有部分损坏，密封也良好 (2) PTFE 衬套的摩擦因数小，有自润滑性，操作力矩相对较小 (3) PTFE 衬套可更换，维修方便	(1) 结构较复杂 (2) 由于密封面积大和密封应力高，操作力矩仍很大

(续)

结构形式和参考结构图		结 构	优 点	缺 点
圆锥形 旋塞		三通道式、四通 道式或五通道式大 多为填料式或油 封式	用于分配介质， 一阀起多阀作用	结构复杂

6. 球阀

球阀是旋塞阀的改进演变，它们属同一类型，球阀的关闭件是球体而不是旋塞，球体绕阀体中心线作 90° 旋转，可启闭阀门。球阀主要起切断、分配和改变介质流动方向的作用，设计成 V 形开口的球阀还可作流量调节用。

球阀具备旋塞阀的优点，同时克服了旋塞阀的缺点，球阀的优点如启闭力矩小，密封性能好等。法兰连接端浮动球侧装两体式球阀如图 2-8 所示。

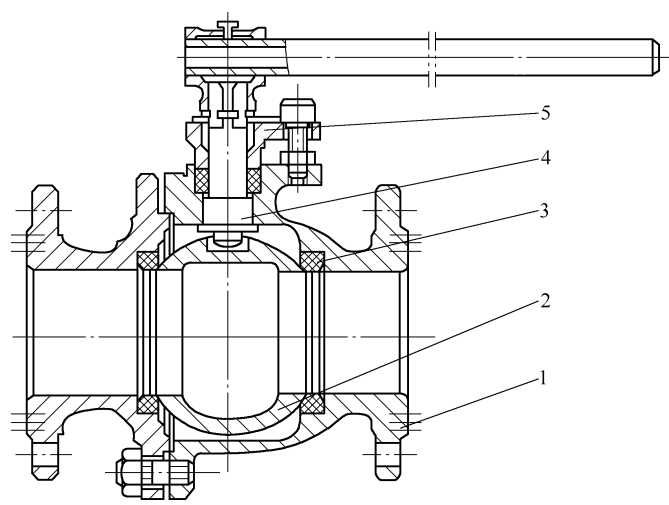
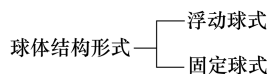


图 2-8 法兰连接端浮动球侧装两体式球阀

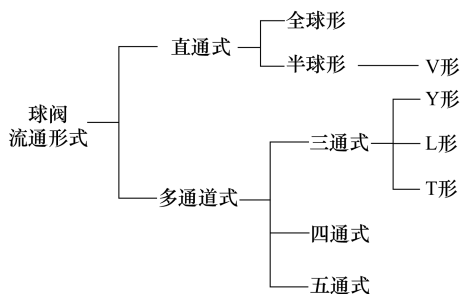
1—阀体 2—球体 3—密封圈 4—阀杆 5—填料压盖

(1) 球阀的分类 球阀分类方法很多，下面介绍几种。

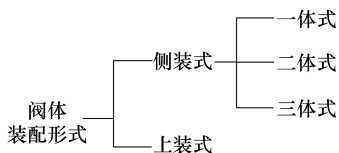
1) 按球体结构形式分类



2) 按球阀流通形式分类



3) 按阀体装配形式分类



4) 按阀体流道直径分类



(2) 球阀的性能 球体流道为圆形，不缩径的球体圆形流道与阀体圆形流道连接呈直管段，所以流阻非常小。根据不同的工况，密封副可选择金属/金属和金属/非金属（+金属），密封性能好。球阀在体积小、启闭迅速、操作方便、安全可靠、使用寿命长及适用范围广等优点，部分取代了闸阀、截止阀及节流阀。多通道球阀可用来实现介质分配与改变介质流向的功能。

球阀是近年来发展很快的阀门种类之一，可以预见随着球阀制造技术的进步，球阀将会得到更广泛的应用。

1) 球阀的性能。球阀的性能见表 2-21。

2) 几种结构形式。

① 球体形式。

a. 浮动球与固定球结构形式和性能的比较见表 2-22。

b. 固定球的几种结构和性能见表 2-23。

表 2-21 球阀的性能

	优 点	缺 点
球 阀	(1) 流体阻力小（全通径流道阀体的阻力系数与同长度管段几乎相同） (2) 结构简约，阀体对称、体积小，可双向流动、双向密封 (3) 密封可靠（尤其是阀座密封面采用非金属材料时） (4) 操作方便、启闭迅速，转动 90°就能完成，便于远距离控制 (5) 维修方便，阀座密封圈一般都是活动的，拆换方便，如果采用上装式结构，可在线更换 (6) 阀门在全开或全关位置，密封副与介质完全隔离，高速通过的介质不会冲蚀密封副 (7) 球体在启闭时是旋转擦拭的过程，所以多数结构的球阀可用于带悬浮固体颗粒的介质，选用合适的耐磨阀座密封材料，也可用于粉状介质 (8) 直通式球阀作切断用，使用广泛；三通、四通及五通式球阀用于分配介质和改变介质流向；V 形球阀可作节流用 (9) 全通径球阀全开时清扫球易于通过清扫管线，在石油、天然气管道中广泛应用 (10) 适用范围广：工作压力从真空至高压，公称直径为 DN8 ~ 3000，工作温度为 -254 ~ 815℃	(1) 阀座密封圈等零件如采用非金属材料时，其压力-温度额定值低于球阀壳体（金属）的压力-温度额定值，致使球阀实际的使用压力、温度及介质受其限制 (2) 阀座密封圈等零件采用非金属材料时，应考虑球阀的耐火及防静电结构性能 (3) 球体的加工和研磨有难度，金属密封副球阀（硬密封球阀）的加工更麻烦 (4) 粉尘、结焦及黏性介质充塞进活动的密封圈内时，会影响阀座的位移，进而影响密封，所以不宜用于含粉尘、易结焦及黏度大的介质

表 2-22 浮动球与固定球结构形式和性能比较

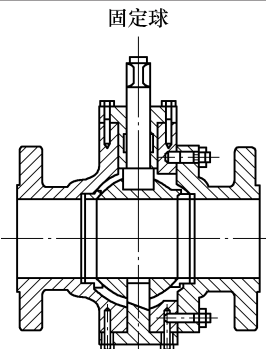
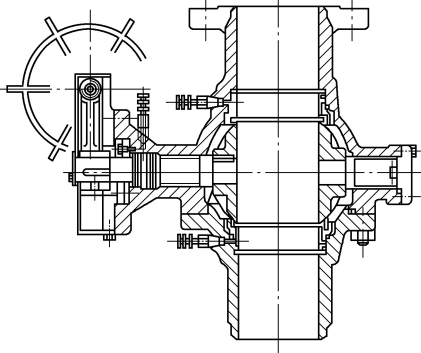
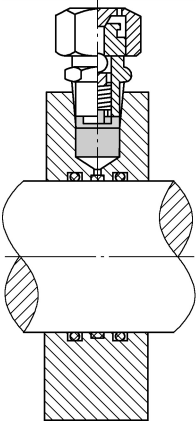
结构形式和参考结构图	结 构	优 点	缺 点
浮动球（图 2-8）式	(1) 球体由阀杆控制自由地浮动在两阀座密封圈中旋转、密封，靠加给两阀座密封圈的预紧力和介质的压力将球体压紧在出口端的阀座密封圈上，属单面强制密封 (2) 除球体自重外，还承受工作介质的全部载荷，球体和阀座密封面间的密封比压与介质压力有关	(1) 结构相对简单 (2) 重量轻	(1) 阀座密封面无论是金属还是非金属材料，都必须有足够的强度，能承受高的密封比压 (2) 装配时预紧力不易控制 (3) 操作力矩大，适用于中、低压较小口径的阀门
固定球 	(1) 球体与上、下阀杆连成一体得以固定，不会移动，阀杆上可装轴承，减小摩擦 (2) 支承力从阀座密封圈传递到球体的阀杆上，操作力矩小，可活动阀座在介质压力的作用下使密封圈压紧在球体上，起密封作用	操作力矩小，适用于高压、大口径的阀门	(1) 结构较浮动复杂 (2) 重量较浮动球重

表 2-23 固定球的几种结构和性能

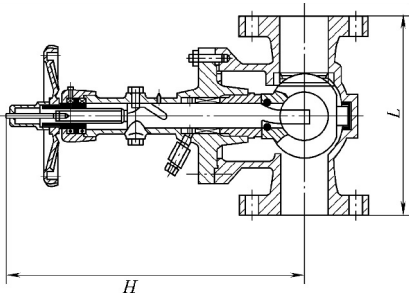
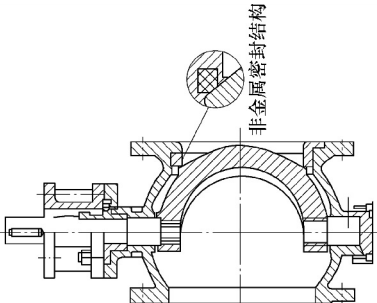
结构形式和参考结构图	结 构	优 点	缺 点
进口端密封	进口端密封（阀前密封）	(1) 阀门关闭时，填料和大部分阀体不受内压 (2) 阀门关闭时，在加压一侧的中腔不会留有介质	(1) 转动球体的力矩较大 (2) 阀杆轴承受的载荷大
出口端密封	如果进口端密封副因故意外失效，利用阀座面积差结构形成的活塞效应，出口端可起密封作用，从而提高阀门的密封可靠性和密封性能	(1) 减少球体支承轴承的载荷，适用于高压工况 (2) 减少球体的总摩擦力矩	(1) 流通截面积减少 (2) 阀门关闭时，填料和阀体内腔都处于介质的压力作用下
前后端双面密封	两阀座能独立切断进口端和出口端的介质，实现双截断、双密封，当阀门关闭时，即使进口、出口端同时受压，阀门中腔和两端通道也可以被相互切断	(1) 适用于密封性要求较高的工况 (2) 可通过泄压阀冲洗和排放中腔沉积物	中腔有介质 (1) 腐蚀性介质会引起腐蚀作用 (2) 应设置防止中腔异常升压的泄压装置
固定球	油封式结构如图 a 所示，在密封面间压注特制的润滑脂，形成一层油膜，增强密封性能，又可降低操作力矩。密封脂注射结构如图 b 和图 c 所示	(1) 增强密封性 (2) 降低操作力矩 (3) 一旦发生火灾密封烧毁后，注入的密封脂起一定的密封作用 (4) 适用于高压、大口径阀门	结构复杂



(续)

结构形式和参考结构图	结 构	优 点	缺 点
 b) 阀杆注脂	油封式结构如图 a 所示，在密封面间压注特制的润滑脂，形成一层油膜，既增强密封性，又可降低操作力矩。 密封脂注射结构如图 b 和图 c 所示	(1) 增强密封性 (2) 降低操作力矩 (3) 一旦发生火灾灾灾密封烧损后，注入的密封脂起一定的密封作用 (4) 适用于高压、大口径阀门	结构复杂

(续)

结构形式和参考结构图	结 构	优 点	缺 点
轨道式无摩擦球阀 	(1) 阀杆上导轨和导向销的相互作用,使阀门启闭时球面和阀座间有间隙,可避免摩擦,密封副使用寿命长(工作原理如图 2-9 所示) (2) 单阀座结构单向密封 (3) 密封副有金属/金属或金属/非金属(+金属),金属硬密封适用于恶劣的情况 (4) 流道全通径,可通过清管器 (5) 上装式结构从阀盖处装配及维修,若其中零件不需更换时,就不必从管线上拆下,阀门可在线检修	(1) 同时具有以下阀门的长处: 闸阀:全通径,硬密封,耐高温、高压,扭矩密封 截止阀:扭矩密封、操作简单 蝶阀:压力损失小,口径大,既可作切断用,又可作调节阀用,结构简单,启闭迅速 球阀:全通径,压力损失小,防堵塞,耐高压,耐磨损 (2) 密封面无摩擦,密封性能好,使用寿命长 (3) 上装式结构可在线检修	(1) 单向密封 (2) 阀杆轨道和导向销是滑动摩擦,摩擦力大 (3) 加工制造成本较高 通球阀高
半球阀 	偏心半球阀又称 V 形球阀 (1) 阀体有侧装一体式和上装式两种;流道有全通径和缩径两种;密封副有金属/金属和金属/非金属(+金属);密封性能有截断型和调节型,形式多样 (2) 阀座采用弹簧加载可动结构,与球体密封可靠,使用寿命长 (3) V 形切口球体与金属密封阀座之间具有剪切作用,特别适用于含有纤维、固体颗粒及浆料等介质	(1) 密封可靠,使用寿命长 (2) 金属密封副适用于含有固体颗粒及纤维等的介质 (3) 单向密封结构紧凑,重量轻 (4) 通用性强,截断型可取代闸阀、截止阀及普通球阀等阀类;调节型可调节范围大,能精确地调节和控制流量	受结构限制阀门使用的公称压力和公称直径不宜太大

固 定 球

将进、出口端的阀座密封圈设计成不同的直径，以适应流道截面积不同的球阀，利用活塞的功能，可设计成进口密封（阀前密封）、出口密封（阀后密封）和双向密封（前后端都密封）。

c. 轨道式无摩擦球阀的工作原理如图 2-9 所示。

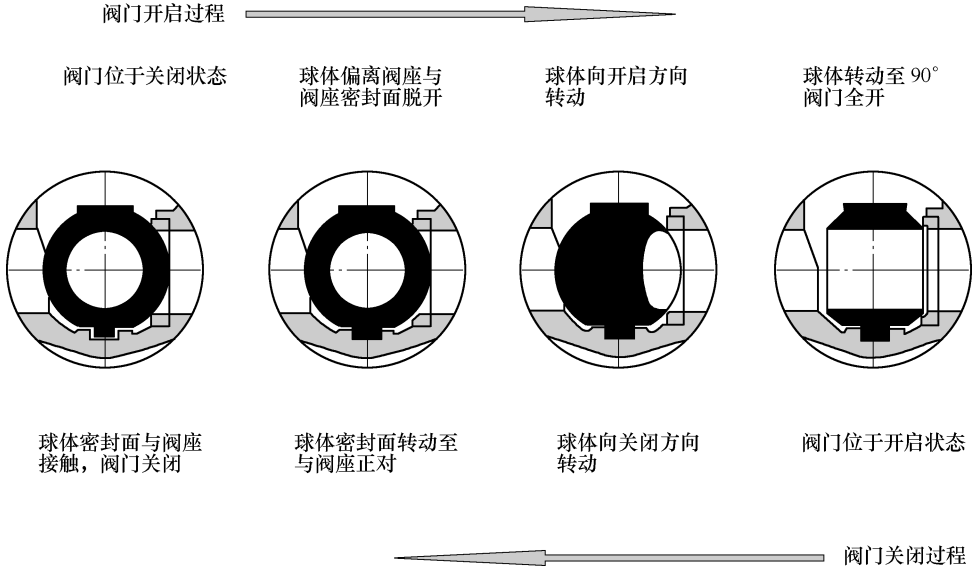
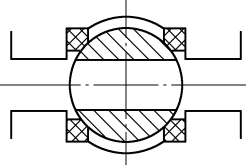
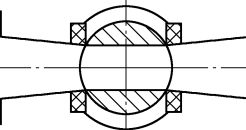


图 2-9 轨道式无摩擦球阀工作原理

② 阀体流道直径。阀体流道分为全通径式和缩径式，其结构和性能比较见表 2-24。

表 2-24 阀体不同流道结构和性能比较

结构形式和参考结构图	优 点	缺 点
全通径式 	(1) 阀体流道的直径接近公称直径，阀门流体的阻力几乎为零 (2) 清扫管线时，清扫球能通过，广泛应用于需清扫管线的工况	重量高于同规格的缩径阀门
缩径式 	阀体流道的直径小于公称直径，阀门的整体结构减小，省材料，重量轻	(1) 阀体流道的截面积缩小使流体阻力增大 (2) 阀体流道的最小直径有多种缩径方式 (3) 不能通过清扫球

7. 蝶阀

蝶阀的关闭件——蝶板呈圆盘形状，可绕阀座内的轴线旋转 90° ，作启闭和调节介质用。蝶阀在中、低压大口径管道上使用广泛。双法兰连接端蝶阀的结构如图 2-10 所示。

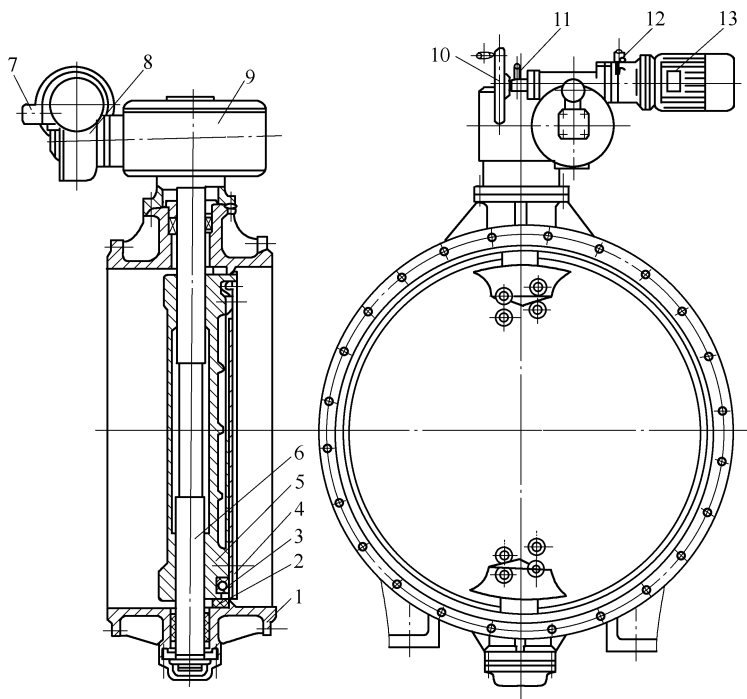
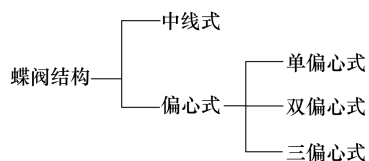


图 2-10 双法兰连接端蝶阀结构

- 1—阀体 2—阀体密封圈（阀座） 3—蝶板密封圈 4—密封圈压板 5—蝶板 6—阀杆
7—行程控制开关 8—一级驱动装置 9—二级驱动装置 10—手轮
11—电源开关 12—转矩控制开关 13—电动机

(1) 蝶阀的分类（按结构）



(2) 蝶阀的性能 蝶阀除具有结构简单、体积小、重量轻、安装尺寸小、操作简便及迅速等优点，同时还具备密封和流量调节的特性。

以往的蝶阀受技术和密封材料的制约，大部分的结构为中线形式的软密封，即阀座多为橡胶或塑料，蝶板为金属、金属外包覆橡胶或塑料。近年来随着科技的发展，蝶阀也开发出新的结构形式，偏心型的金属密封型蝶阀就是其中的一种。偏心型金属密封型蝶阀的阀座和蝶板密封面由金属硬质合金材料组成，或蝶板由软 + 硬材料（非金属层夹金属层）组成，使蝶阀可耐高温、耐低温、耐腐蚀及耐冲蚀，密封性好，使用寿命长，因此得到广泛使用。

蝶阀已在较大的应用范围内取代了闸阀、截止阀、节流阀及球阀，是近年来发展迅速的阀门品种之一。

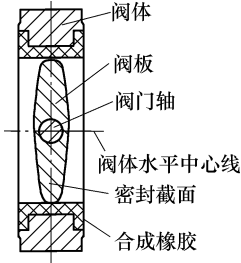
1) 蝶阀的性能。蝶阀的性能见表 2-25。

表 2-25 蝶阀的性能

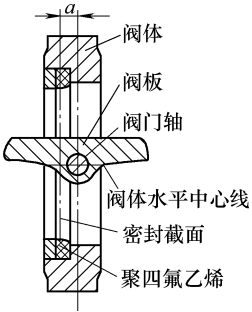
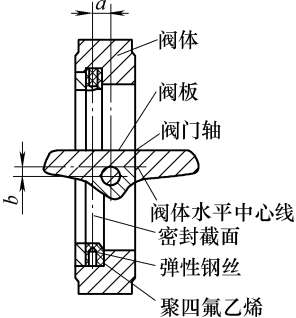
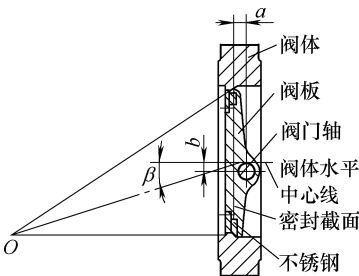
	优 点	缺 点
蝶阀	(1) 与同 PN、DN 级的闸阀比较其结构简单，长度短，尺寸小，重量轻，启闭力矩小，开关迅速，操作简便 (2) 有良好的流量调节功能和关闭密封性能 (3) 蝶阀全开时流阻较小 (4) 蝶板旋转时具有擦拭性，所以大多数形式的蝶阀可用于带悬浮颗粒的介质，如果密封件的强度合适，也可用于粉状和颗粒状的介质	(1) 与闸阀、球阀比，蝶阀的压力损失较大 (2) 软密封副依靠弹性密封，因此强度较低，一般用于较低工作温度和低压的介质 (3) 除三偏心形式，密封面在开或关的瞬间密封副磨损大 (4) 阀门壳体虽是金属的，但当内件有非金属材料时，阀门的适用温度、工作压力及适用介质受非金属材料的限制 (5) 内件采用非金属材料时，应考虑耐火及防静电结构

2) 蝶阀的结构形式。中线式与偏心式结构形式和性能比较见表 2-26。

表 2-26 中线式与偏心式结构形式和性能比较

结构形式和参考结构图		结 构	优 点	缺 点
中线式		蝶板中心轴线与阀体垂直中心线一致，橡胶等非金属压入阀体或阀座时，蝶板外圈与软密封阀座挤压会产生弹性变形，使阀门密封	(1) 结构简单，操作方便 (2) 重量轻	(1) 其在蝶阀的几种结构中，密封性最差 (2) 受软密封面材料的限制，工作温度、工作压力和适用介质都受到限制

(续)

结构形式和参考结构图	结 构	优 点	缺 点
单偏心式  阀体 阀板 阀门轴 阀体水平中心线 密封截面 聚四氟乙烯	(1) 蝶板中心轴线与阀体垂直中心线一致, 但蝶板密封面与阀座密封面偏离蝶板中心轴线 (阀体垂直中心线), 间距为 a (2) 单偏心距 a 的设置使蝶板与阀座密封面是一个完整的圆, 启闭时密封面间的机械磨损和挤压降低, 密封性能比中线式有所提高	(1) 密封性能较中线式好 (2) 适用工作压力和使用寿命都较中线式好	(1) 蝶板与阀座密封面发生机械摩擦, 有擦伤 (2) 蝶板挤压阀座, 弹性层会产生变形、冷流等失效 (3) 结构较中线式复杂, 成本高 (4) 介质会汽蚀、冲蚀密封面
双偏心式  阀体 阀板 阀门轴 阀体水平中心线 密封截面 弹性钢丝 聚四氟乙烯	(1) 蝶板中心轴线与阀体垂直中心线一致, 但与蝶板密封面有间距, 偏置为 a; 又与阀体水平中心线有间距, 偏置为 b (2) 双偏心蝶阀开启时机械磨损挤压降低, 关闭时蝶板外圆密封面挤压阀座, 具有较大、较好的密封比压	(1) 密封性能较单偏心式好, 适用压力也较高 (2) 使用寿命较单偏心式长	(1) 蝶板与阀座密封面有机械磨损, 也有擦伤 (2) 蝶板挤压阀座, 软密封阀座的弹性变形会产生冷流失效等 (3) 结构较单偏心式复杂, 成本稍高于单偏心式 (4) 介质会汽蚀、冲蚀密封面
三偏心式  阀体 阀板 阀门轴 阀体水平中心线 密封截面 不锈钢	(1) 在双偏心式的基础上将阀座中心线与阀体水平中心线形成 β 角偏置 (2) 三偏心式蝶阀开启时, 蝶板密封面在开启瞬间立即离开阀座密封面, 关闭时仅在关闭瞬间蝶板密封面才会接触并压紧阀座密封面, 两密封面之间的密封比压由偏心距和阀杆的转矩大小来决定	(1) 密封性能和使用寿命大大提高 (2) 消除了以上三种蝶阀软密封阀座冷流弹性失效等因素	(1) 结构复杂、成本高 (2) 密封面受介质汽蚀

8. 隔膜阀

隔膜阀的关闭件——软质隔膜由阀杆控制并做上、下运动以切断介质，操纵机构和介质由隔膜隔开。隔膜阀的结构如图 2-11 所示。

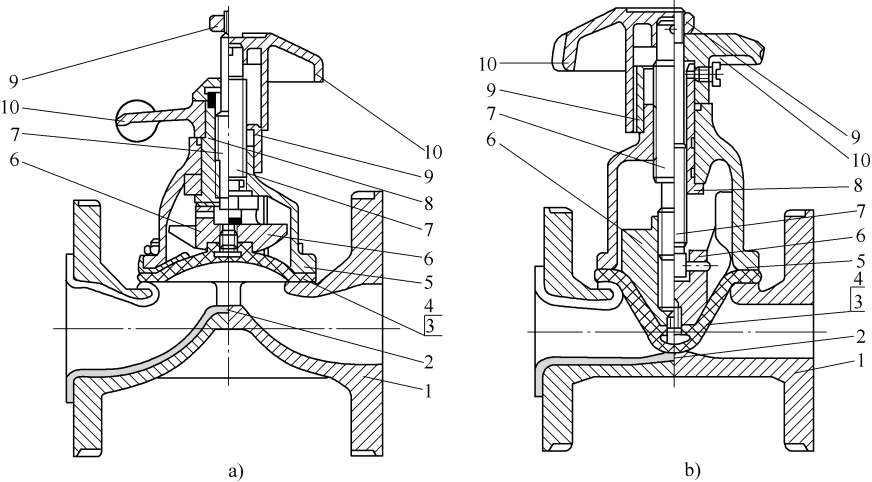
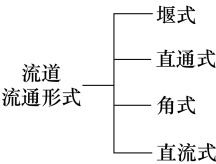


图 2-11 隔膜阀的结构

a) 堰式隔膜阀 b) 直通式隔膜阀

1—阀体 2—阀体衬里 3—隔膜 4—螺钉 5—阀盖 6—阀瓣
7—阀杆 8—阀杆螺母 9—指示器 10—手轮

(1) 隔膜阀的分类 隔膜阀按流道流通形式分类如下：



(2) 隔膜阀的性能 隔膜阀的操纵机构与管道的介质不接触，既可保证管道介质纯净，又可防止管道内介质可能会冲击操纵机构。

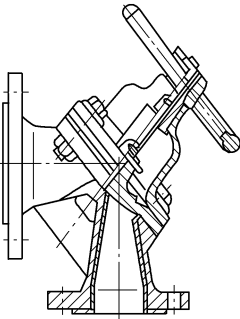
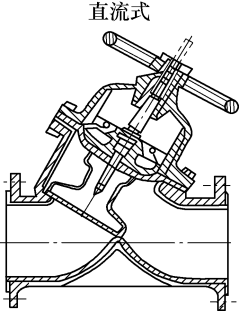
1) 隔膜阀的性能。隔膜阀的性能见表 2-27。

表 2-27 隔膜阀的性能

隔膜 阀	优 点	缺 点
	(1) 结构简单，易于拆卸和维修，可在现场更换隔膜 (2) 由于操纵机构与介质隔开，仅是阀体、隔膜与介质接触。阀体和隔膜采用不同材料，能适应很多种特殊的介质，特别是高度危害介质和强腐蚀性介质，可适用于食品、医药及卫生等工业的清洁介质，或带有腐蚀性和悬浮颗粒的介质 (3) 介质不会通过阀杆泄漏	(1) 隔膜阀的工作温度和压力口径受隔膜和阀体（或衬里）材料及制作的限制，适用条件如下：温度低于 180℃、公称压力小于 PN40 且公称直径不大于 DN200 (2) 隔膜阀依靠隔膜挠曲变形启闭阀门，但反复挠曲变形使隔膜易损坏，造成泄漏

2) 隔膜阀的结构形式。隔膜阀的几种结构形式和性能比较见表 2-28。

表 2-28 隔膜阀的几种结构形式和性能比较

形 式	结 构	优 点	缺 点
堰式 (图 2-11a)	又称屋脊式, 阀体内有一个屋脊形的隆起, 隔膜与阀瓣接触, 阀杆上、下运动并通过阀瓣带动隔膜与隆起接触以达到隔断通道的目的	(1) 隔膜与“尾脊”不接触时具有一定的节流作用 (2) 行程短, 对隔膜挠曲变形要求较低, 无淤积介质的死角 (3) 结构简单, 密封可靠, 成本低 (4) 耐磨蚀性和抗颗粒介质性好, 是应用最广的一种形式	屋脊形的隆起会造成介质的流动阻力较大
直通式 (图 2-11b)	阀体内部似直管形, 阀门全开时介质直流无阻	(1) 流动阻力小, 切断与流通能力佳 (2) 耐腐蚀, 能包容颗粒状介质	关闭阀门时隔膜行程长, 对隔膜挠性要求较高
角式 	进口与出口呈 90° 夹角, 阀体内转角处的隆起相当于堰式结构	(1) 流通能力好, 流动阻力小 (2) 介质改变 90° 流向, 节省 90° 弯头 (3) 其他优点同堰式	(1) 介质改变流向造成压力损失 (2) 安装空间大
直流式 	具有直流式截止阀和隔膜阀的特点, 阀座与阀瓣密封, 阀瓣上端有隔膜作为中法兰密封和填料密封, 又起隔开阀体和阀盖的作用, 阀盖部分不接触介质	(1) 具有较高的承载能力, 密封性好 (2) 阀体流量呈线形, 流通能力好, 流阻小	(1) 结构复杂, 成本高 (2) 安装空间大 (3) 由于手轮和管道间有夹角, 在管道上安装时要考虑手轮操作空间

9. 止回阀

止回阀又称逆止阀或背压阀，是单向阀。止回阀依靠介质本身的流动自动启闭阀瓣，用来防止介质倒流。旋启式止回阀的结构如图 2-12 所示。

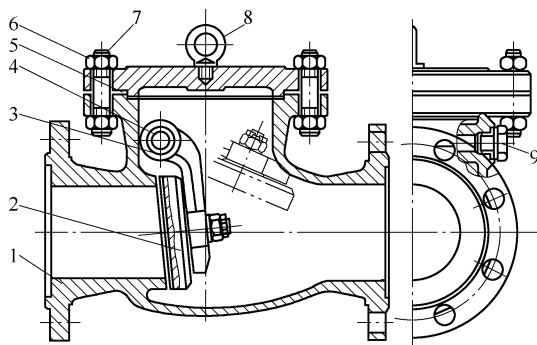
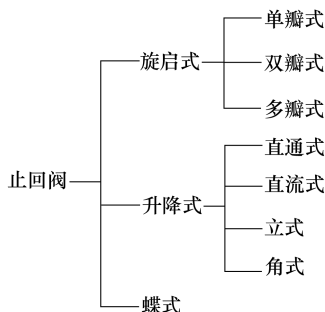


图 2-12 旋启式止回阀的结构

1—阀体 2—阀瓣 3—摇杆 4—销轴 5—垫片
6—螺母 7—螺栓 8—吊环螺钉 9—螺塞

(1) 止回阀的分类 止回阀的分类方法很多，按结构形式可分成以下类型：



(2) 止回阀的性能 止回阀是一种自动阀门，在管道系统中的主要作用如下：

- ① 防止介质倒流。
- ② 防止泵及其驱动电动机反转。
- ③ 防止容器内介质的泄放。
- ④ 用于辅助系统时可提高压力，当超过规定压力时，可补给主系统的管道中的压力。

1) 止回阀的性能。止回阀的性能见表 2-29。

表 2-29 止回阀的性能

止 回 阀	优 点	缺 点
	(1) 工作载荷变化大 (2) 阀门启闭次数少，长周期处于关闭或开启状态，运动部件（如阀瓣）长期不运动 (3) 阀门从开到关（或从关到开）切换动作灵活、迅速 (4) 采用不同材料时，可用于各种介质的管路中	(1) 阀门从关到开时阀瓣逐渐打开，阀瓣阻碍介质流动，流动阻力大 (2) 阀瓣组件依靠自身的重量或弹簧力（如增设了辅助弹簧时）等实现密封，一旦介质压力稍大于其密封力时阀门就会有泄漏，密封性能差 (3) 阀门关闭时介质迅速倒流冲击阀瓣，可能发生水击（又称水锤）现象 (4) 介质流动时，经过阀瓣组件会产生冲击，可能会产生振动、噪声

2) 止回阀的结构形式。止回阀的结构形式如图 2-13 所示。

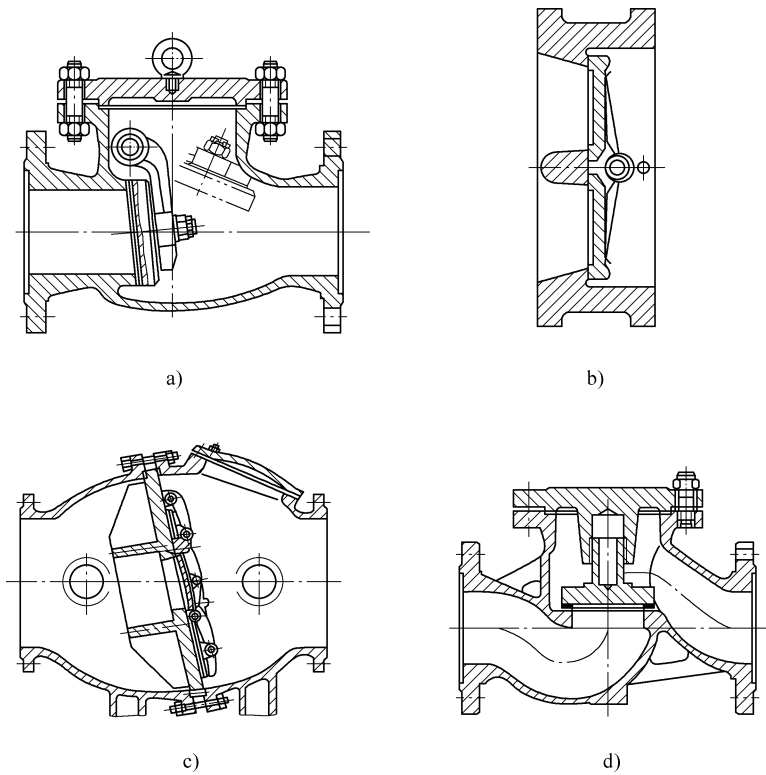


图 2-13 止回阀的结构形式

a) 单瓣旋启式止回阀 b) 双瓣旋启式止回阀
c) 多瓣旋启式止回阀 d) 直通式升降式止回阀

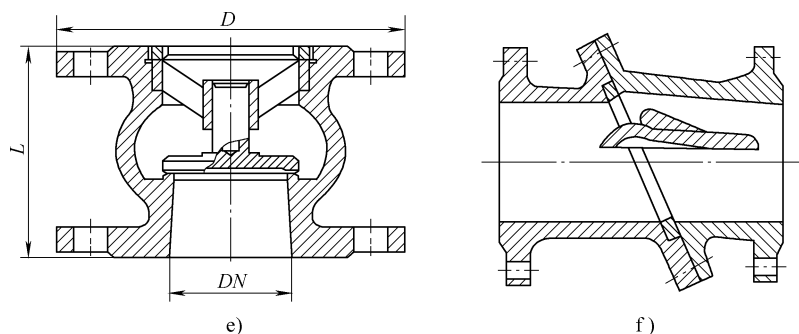


图 2-13 止回阀的结构形式 (续)

e) 立式升降式止回阀 f) 蝶式止回阀

(3) 旋启式止回阀与升降式止回阀性能的比较 不同结构形式的止回阀适用于不同的场合, 下面将使用较普遍的旋启式止回阀与升降式止回阀作比较, 见表 2-30。

表 2-30 旋启式止回阀与升降式止回阀的性能比较

形 式	结 构	性 能 比 较
旋启式 (图 2-13a ~ c)	关闭件 (阀瓣) 在阀体内绕固定轴转动	(1) 介质流经阀瓣流道随阀瓣的启闭幅度逐渐变化, 全开式的流道阀瓣前、后相同, 流阻较升降式小 (2) 密封性较升降式差 (3) 如从阀体外安装固定轴, 则多了泄漏点 (4) 可以安装在水平、垂直或倾斜的管线上 (如果垂直安装, 应选用全开启式阀瓣, 介质应从下向上流动) (5) 通常情况下, 由于加工制造困难, 小口径的阀门较少用
升降式 (图 2-13d、e)	关闭件 (阀瓣) 沿阀座中心线移动	(1) 流阻较大 (开启时阀瓣组件在流道中阻碍介质流动) (2) 密封性较旋启式好 (3) 阀瓣行程短, 关闭迅速, 动作可靠 (4) 有立式 (垂直) 安装、卧式 (水平) 安装及角式等多种安装形式 (5) 适用于较小口径的阀门

第 3 章 阀门的设计与计算

3.1 阀门的计算符号

1. 计算符号、名称和单位（表 3-1）

表 3-1 计算符号、名称和单位

符 号	名 称	单位	符 号	名 称	单位
PN	公称压力		σ_w	弯曲应力	MPa
p	计算压力	MPa	σ_{ZY}	挤压应力	MPa
$\sigma_b(R_m)$	抗拉强度	N/mm ² (MPa)	σ_Σ	合成应力	MPa
$\sigma_{SH}(R_{eH})$	上屈服强度	N/mm ²	$[\sigma_L]$	许用拉应力	MPa
$\sigma_{SL}(R_{eL})$	下屈服强度	(MPa)	$[\sigma_Y]$	许用压应力	MPa
$\sigma_{p0.2}(R_{p0.2})$	规定非比例延伸强度 (0.2%)	N/mm ² (MPa)	$[\sigma_{LY}]$	临界许用压应力	MPa
σ_R	蠕变强度极限	MPa	$[\tau]$	许用切应力	MPa
σ_{CH}	持久强度极限	MPa	$[\tau_N]$	许用扭应力	MPa
σ_{BL}	比例极限	MPa	$[\sigma_w]$	许用弯曲应力	MPa
E	材料弹性模量	N/mm ²	$[\sigma_{ZY}]$	许用挤压应力	MPa
E_L	螺栓材料弹性模量	MPa	$[\sigma_\Sigma]$	许用合成应力	MPa
E_D	领环材料弹性模量	MPa	F_{MZ}	密封面上总作用力	N
E_F	法兰材料弹性模量	MPa	F_{MJ}	密封面处介质作用静 压力	N
G	材料切变弹性模量	MPa	F_{MF}	密封面上密封力	N
α	材料线胀系数	1/℃	F'_{MJ}	介质压差作用力	N
α_L	螺栓材料线胀系数	1/℃	F_{MT}	弹簧预紧力	N
α_D	领环材料线胀系数	1/℃	F_{SZ}	密封面上总作用力（卸 压阀）	N
α_F	法兰材料线胀系数	1/℃	F_{SJ}	密封面处介质作用力 （卸压阀）	N
σ_L	拉应力	MPa	F_{FZ}	阀杆最大轴向力	N
σ_Y	压应力	MPa	F'_{fZ}	关闭时阀杆总轴向力	N
τ	切应力	MPa	F''_{fZ}	开启时阀杆总轴向力	N
τ_N	扭应力	MPa			

(续)

符 号	名 称	单位	符 号	名 称	单位
F_P	阀杆径向截面上介质作用力	N	T_F'	关闭时阀杆总力矩	N · mm
F_T	阀杆与填料摩擦力	N	T_F''	开启时阀杆总力矩	N · mm
F_J	键槽摩擦力	N	T_Σ	总转矩	N · mm
F_{LJ}	临界载荷	N	T_Σ'	关闭时总转矩	N · mm
F_L	螺栓计算载荷	N	T_Σ''	开启时总转矩	N · mm
F'	操作下总作用力	N	T_{FL}	阀杆螺纹摩擦力矩	N · mm
F''	最小预紧力	N	T_{FL}'	关闭时阀杆螺纹摩擦力矩	N · mm
F_{LZ}	常温时螺栓计算载荷	N	T_{FL}''	开启时阀杆螺纹摩擦力矩	N · mm
F'_{LZ}	初加温时螺栓计算载荷	N	T_{FT}	阀杆与填料摩擦力矩	N · mm
F''_{LZ}	高温时螺栓计算载荷	N	T_{FO}	阀杆头部摩擦力矩	N · mm
F'_t	初加温时螺栓温度变形力	N	T'_{FO}	关闭时阀杆头部摩擦力矩	N · mm
F''_t	高温时螺栓温度变形力	N	T''_{FO}	开启时阀杆头部摩擦力矩	N · mm
F_{DJ}	垫片处介质作用力	N	T_{TJ}	阀杆螺母凸肩摩擦力矩	N · mm
F_{DJ}	密封环处介质作用力	N	T_{KZ}	滚珠轴承摩擦力矩	N · mm
	密封处介质作用力	N	T_{FT}	阀杆凸肩摩擦力矩	N · mm
F_{DF}	垫片上密封力	N	T'_{FT}	关闭时阀杆凸肩摩擦力矩	N · mm
F_{DT}	垫片弹性力	N	T''_{FT}	开启时阀杆凸肩摩擦力矩	N · mm
F_{YJ}	必需预紧力	N	I	惯性矩	mm ⁴
$[F_L]$	螺栓许用载荷	N	I_W	阀杆外径惯性矩	mm ⁴
F_{MR}	密封环径向力	N	I_N	螺纹内径惯性矩	mm ⁴
F_{YT}	压紧填料总力	N	W	截面系数	mm ³
F_S	圆周力	N	W_W	阀杆外径截面系数	mm ³
q	密封面计算比压	MPa	W_N	螺纹内径截面系数	mm ³
q_{MF}	密封面必需比压	MPa	W_T	退刀槽截面系数	mm ³
q_{YJ}	密封面预紧比压	MPa	W_S	阀杆最小截面系数	mm ³
q_{MM}	密封面密封比压	MPa	A	面积	mm ²
$[q]$	密封面许用比压	MPa	A_L	螺栓总截面积	mm ²
q_{DJ}	单位长度必需比压	MPa	A_1	单个螺栓截面积	mm ²
q_T	压紧填料必需比压	MPa			
q_r	压紧填料径向比压	MPa			
T_F	阀杆总力矩	N · mm			

(续)

符 号	名 称	单位	符 号	名 称	单位
A_{LS}	螺栓最小截面积	mm^2	b_T	填料宽度	mm
A_{DP}	垫片面积	mm^2	R_{FM}	螺纹摩擦半径 (关闭时)	mm
A_S	阀杆最小截面积	mm^2	R'_{FM}	螺纹摩擦半径 (开启时)	mm
A_T	阀杆退刀槽截面积	mm^2	d_{FJ}	阀杆头部接触面直径	mm
A_N	螺纹内径截面积	mm^2	d_{TJ}	阀杆凸肩平均直径	mm
A_W	阀杆外径截面积	mm^2		阀杆螺母凸肩平均直径	mm
A_Y	螺纹受挤压面积	mm^2	R_0	球体半径	mm
A_J	螺纹受剪切面积	mm^2	R_1	球体半径	mm
DN	公称尺寸		R_2	球体半径	mm
D	直径	mm	d_{FP}	螺纹平均直径	mm
d	直径	mm	d_1	螺纹内径	mm
R	半径	mm	d_T	退刀槽直径	mm
r	半径	mm	d_L	螺栓直径	mm
D_{MN}	密封面内径	mm	d_{LS}	螺栓最小直径	mm
W_M	密封面宽度	mm	D_2	弹簧中径	mm
D_{MP}	密封面平均直径	mm	t_0	预算厚度	mm
R_{MP}	密封面平均半径	mm	t'_B	计算厚度	mm
D_{SN}	密封面内径 (卸压阀)	mm	t_B	实际厚度	mm
W_S	密封面宽度 (卸压阀)	mm	C	腐蚀余量	mm
D_{SP}	密封面平均直径 (卸压 阀)	mm	h	中法兰厚度	mm
D_n	计算内径	mm	δ_{DP}	垫片厚度	mm
D_W	外径	mm	B	宽度	mm
D_{DP}	垫片平均直径	mm	b_{DP}	垫片宽度	mm
	密封处平均直径	mm	b_{DJ}	垫片基本宽度	mm
D_1	螺栓孔中心圆直径	mm	B_N	垫片有效宽度	mm
D_m	中法兰根径	mm	H	高度	mm
D_3	法兰外径	mm	l	力臂	mm
D_{KP}	滚珠轴承平均直径	mm	l_0	中间支承到端点距离	mm
D_0	手轮直径	mm	l_F	阀杆计算长度	mm
L_0	手柄力臂	mm	L	螺栓计算长度	mm
d_F	阀杆直径	mm	X_L	螺纹弯曲力臂	mm
d_S	阀杆最小直径	mm	P	螺距	mm
			e'	螺纹间隙	mm

(续)

符 号	名 称	单位	符 号	名 称	单位
γ	形心	mm	f_{μ}	密封面摩擦因数	
F_1	预加变形量	mm	f_L	螺纹摩擦因数	
α	角度	°	f_D	阀杆头部摩擦因数	
β	角度	°	f_{TJ}	凸肩部分摩擦因数	
γ	角度	°	f_J	键槽摩擦因数	
α_L	螺纹升角	°	f_K	滚珠轴承摩擦因数	
ψ_L	螺纹摩擦角	°	Z	螺栓数量	
ψ	摩擦角	°	n_Z	弹簧总圈数	
λ_0	允许细长比		n	弹簧有效圈数	
A	实际细长比			计算螺纹圈数	
A_i	临界细长比		n_J	按剪切计算螺纹圈数	
μ_{λ}	支承形式影响系数		n_Y	按挤压计算螺纹圈数	
L_J	螺栓间距与直径比		n_W	按弯曲计算螺纹圈数	
n_o	安全系数		t	介质工作温度	℃
n_s	初加温时安全系数		t_F	中法兰温度	℃
n'_s	高温时安全系数		t'_F	初加温时中法兰温度	℃
K	系数		t''_F	高温时中法兰温度	℃
ψ	无石棉填料摩擦因数		t_L	螺栓温度	℃
ψ'	石棉填料绳的最大轴向 比压系数		t'_L	初加温时螺栓温度	℃
n	常温时比值系数		t''_L	高温时螺栓温度	℃
n'	初加温时比值系数		t_D	领环温度	℃
n''	高温时比值系数		t'_D	初加温时领环温度	℃
η	弹性力系数		t''_D	高温时领环温度	℃
K_{DP}	垫片形状系数		Δt	初加温时温度差	℃
m_{DP}	垫片系数		$\Delta t'_{FL}$	初加温时温度差（法兰 与螺栓）	℃
X_C	腐蚀系数		$\Delta t'_{DL}$	初加温时温度差（领环 与螺栓）	℃
C_M	密封面材料比压系数		$\Delta t''$	高温时温度差	℃
K_M	密封面材料比压系数		$\Delta t''_{ZL}$	高温时温度差（法兰与 螺栓）	℃
m	泊桑系数倒数		$\Delta t''_{DL}$	高温时温度差（领环与 螺栓）	℃
n	稳定系数				
$[n]$	许用稳定系数				
f	摩擦因数				

注：本表为常用推荐代号。

2. 计算零件、部分总分类及代号

1) 零件、部位总分类代号（表 3-2）。

表 3-2 零件、部位总分类代号

计算零件或部位名称	代 号	计算零件或部位名称	代 号
阀体	T	螺栓	S
密封面	M	法兰	F
密封环	H	填料压盖	Y
阀杆	G	螺纹	W
闸板	B	阀盖	I
蝶板		支架	J
阀瓣		手轮	L
阀瓣座	Z	手柄	
填料箱	X	弹簧	TH

2) 零件、部位种类代号（表 3-3）。

表 3-3 零件、部位种类代号

名 称	代 号	名 称	代 号
闸阀、截止阀、节流阀、止回阀、球阀、蝶阀、调节阀、减压阀、安全阀、蒸汽疏水阀、旋塞阀阀体：圆形、钢制、最小壁厚	国标：T ₁ 、T ₂ 、T ₃ 美标：T ₉ 、T ₁₀ 、T ₁₁ 、T ₁₂ 欧洲：T ₁₃ 、T ₁₄ 日本：T ₁₅ 、T ₁₆	闸阀、截止阀、节流阀、调节阀、减压阀、安全阀、蒸汽疏水阀、止回阀、柱塞阀中法兰连接的螺栓	国标：S ₁ 、S ₉ 、S ₁₀ 、S ₁₁ 、S ₁₂ 、S ₁₃ 、S ₁₄ 、S ₁₅ 、S ₁₆ 、S ₁₇ 美标：S ₅
		闸阀、截止阀、节流阀、止回阀、安全阀、蒸汽疏水阀中口联接螺纹	国标：S ₂ 美标：S ₆
闸阀、截止阀、止回阀、球阀、调节阀、厚壁圆筒、钢制、国标	T ₆	球阀：螺柱联接阀体	国标：S ₃ 美标：S ₇
闸阀、截止阀、止回阀、球阀、调节阀阀体、钢制球形、国标	薄壁：T ₄ 、T ₅ 厚壁：T ₇	球阀：螺纹联接阀体	国标：S ₄ 美标：S ₈
闸阀、截止阀、节流阀、止回阀阀体：非圆形截面、钢制、铸铁制	T ₈	中法兰强度计算（A 法）	F ₁ 、F ₂ 、F ₃
闸阀、截止阀、节流阀、止回阀阀体：圆形、铸铁制	T ₁₇	中法兰强度计算（B 法）	F ₄ 、F ₅ 、F ₆ 、F ₇
闸阀、止回阀阀体：椭圆形、铸铁制	T ₁₈	阀盖：平板 I 型	国标：I ₁ 欧洲：I ₃

(续)

名 称	代 号	名 称	代 号
阀盖: II、III型	国标: I ₂ 欧洲: I ₄	带防转键的阀杆	G ₇
阀盖: 椭圆形	国标: I ₅ 欧洲: I ₈ 、I ₉	带有御压阀的闸阀或截止阀阀杆	G ₈
长方形	国标: I ₆ 欧洲: I ₁₀	阀杆的稳定性验算	G ₉
正方形	国标: I ₇ 欧洲: I ₁₁	浮动球阀阀杆	G ₁₃
蝶形阀盖	I ₁₂ 、I ₁₃ 、I ₁₄	固定球阀阀杆	G ₁₄ 、G ₁₅
		偏心蝶阀阀杆	G ₁₆
蝶形开口阀盖	国标: I ₁₅ 欧洲: I ₁₆ 、I ₁₇ 、I ₁₈ 、 I ₁₉ 、I ₂₀ 、I ₂₁ 、I ₂₂ 、I ₂₃ 、 I ₂₄ 、I ₂₅ 、I ₂₆	闸阀密封面	M ₁
		带弹簧的平行式闸阀密封面	M ₂
压力密封阀盖	欧洲: I ₂₇ 、I ₂₈ 、I ₂₉ 、 I ₃₀ 、I ₃₁ 、I ₃₂ 、I ₃₃ 、I ₃₄ 、 I ₃₅ 、I ₃₆ 国标: I ₃₇ 、I ₃₈ 、I ₃₉ 、 I ₄₀ 、I ₄₁ 、I ₄₂ 、I ₄₃ 、I ₄₄ 、 I ₄₅ 、I ₄₆ 、I ₄₇ 、I ₄₈ 、I ₄₉ 、 I ₅₀ 、I ₅₁ 、I ₅₂	截止阀	
		平面密封	M ₃
		锥面密封	M ₄
		球面密封	M ₅
		带有内旁通的高进低出平面密封	M ₆
		隔膜阀密封面	M ₇
		浮动球阀密封面	M ₈
		单向密封固定球阀密封面	M ₉
闸阀支架	J ₁ 、J ₂ 、J ₃	双向密封固定球阀密封面	M ₁₀
截止阀或节流阀支架	J ₄ 、J ₅ 、J ₆ 、J ₇	体腔内压力超过 1.33p 时, 自动泄压阀座尺寸	M ₁₁
闸阀阀盖放支架部位	J ₈	内压自封式密封式	H ₁
闸阀两段盖 T 形加强筋支架	J ₉	单面强制密封闸阀闸板厚度	B ₁
高压角式截止阀弓形支架	J ₁₀	双面强制密封双闸板闸阀闸板厚度	B ₂
高压角式截止阀扇形筋支架	J ₁₁	平行双闸板厚度	B ₃
升降杆闸阀阀杆	G ₁ 、G ₁₀	平面密封截止阀球头连接阀瓣强度	B ₄
旋转杆闸阀阀杆	G ₂ 、G ₁₁	平面密封截止阀用孔连接阀瓣强度	B ₅
升降杆平行式闸阀阀杆 (固定阀座)	G ₃	旋启式止回阀阀瓣厚度	B ₆
升降杆平行式浮动阀座阀杆	G ₄	橡胶膜片强度	B ₇
带内旁通的旋转升降杆截止阀或节流阀阀杆	G ₅ 、G ₁₂	支架与驱动装置连接盘强度	Z ₁
闸阀或截止阀上下分段阀杆	G ₆	填料压盖强度	X ₁

(续)

名 称	代 号	名 称	代 号
活节螺栓强度	X_2	升降杆手轮总转矩及圆周力	L_3
销轴强度	X_3	旋转升降杆手轮总转矩及圆周力	L_4
梯形螺纹强度	W_1	带防转键手轮总转矩及圆周力	L_5
截止阀或节流阀阀杆螺母和支架连接螺纹	W_2	手柄总转矩及圆周力	L_6
滚动轴承基本额定动载荷	L_1	圆柱螺旋压缩弹簧	$TH_1 \sim TH_8$
滚动轴承额定静载荷	L_2	碟形弹簧	$TH_9 \sim TH_{14}$

3.2 阀门通用部分典型计算项目

3.2.1 闸阀

(1) 升降杆楔式闸阀（单闸板、双闸板）（图 3-1、图 3-2 和表 3-4）

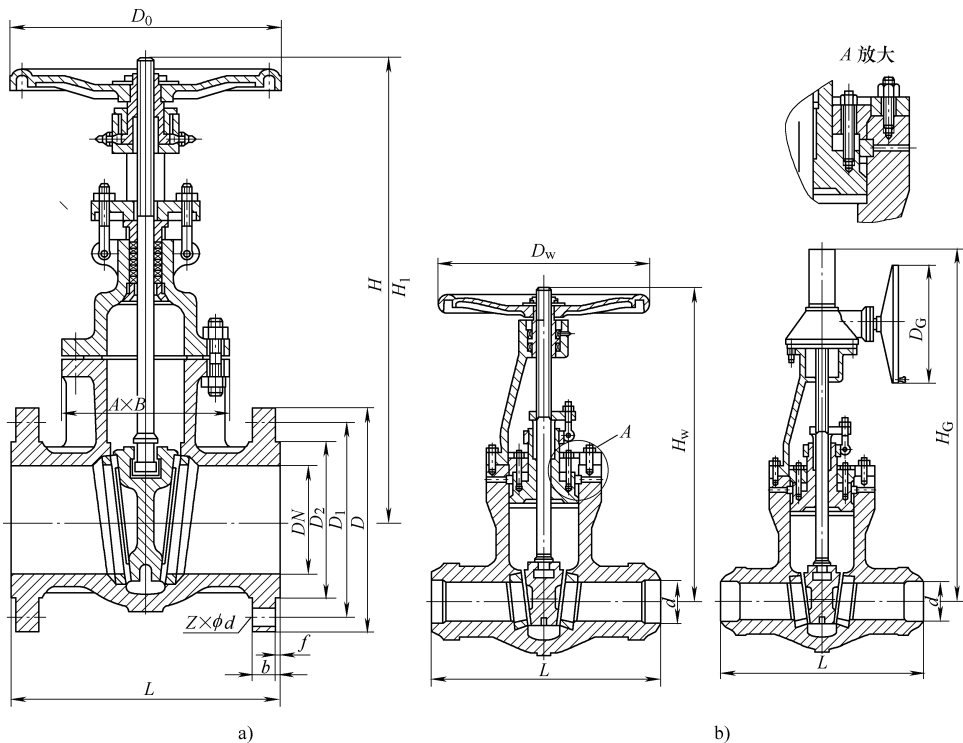


图 3-1 升降杆楔式单闸板闸阀

a) 螺栓联接阀盖 b) 内压自密封阀盖

(2) 旋转杆楔式单闸板闸阀 (图 3-3 和表 3-4)

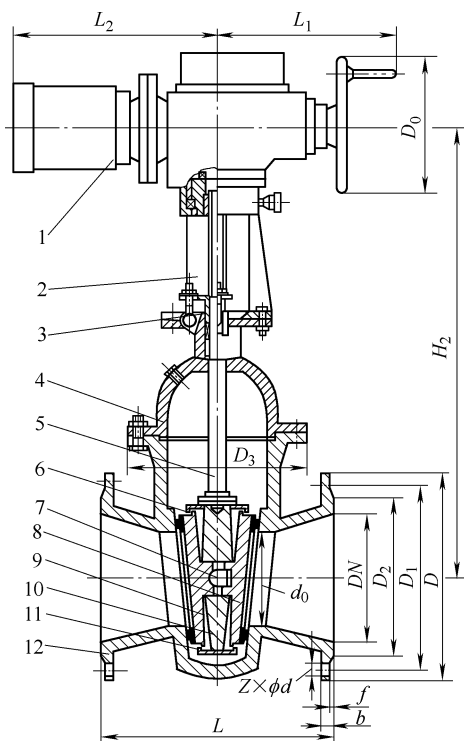


图 3-2 电动升降杆楔式双闸板闸阀

1—电动装置 2—支架 3—填料压盖 4—阀盖
5—阀杆 6—上挡板 7—顶心垫片 8—右闸板
9—左闸板 10—闸板架 11—下挡板 12—阀体

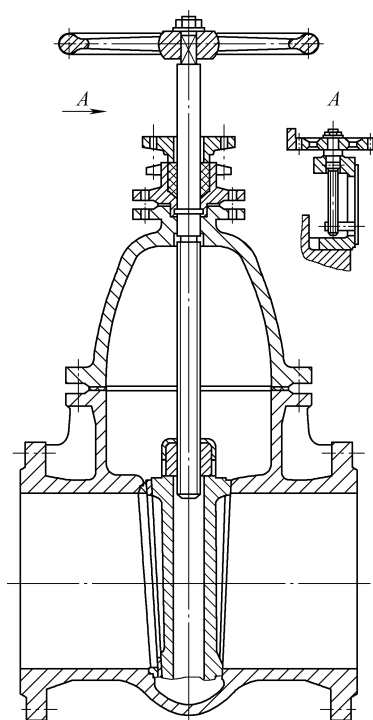


图 3-3 旋转杆楔式单闸板闸阀

表 3-4 升降杆或旋转杆楔式闸阀典型计算项目

序 号	零件名称	计算内容	选用公式
1	阀体	壁厚	国标: T_1 、 T_2 、 T_3 美标: T_9 、 T_{10} 欧洲: T_{13} 、 T_{14} 日本: T_{15} 、 T_{16}
2	阀体和阀盖联接螺栓	强度验算	国标: S_1 、 S_9 、 S_{10} 、 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{13} 、 S_{14} 、 S_{15} 、 S_{16} 、 S_{17} 美标: S_5
3	中法兰	强度验算	A 法: F_1 、 F_2 、 F_3 或 B 法: F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_7

(续)

序 号	零 件 名 称	计 算 内 容	选 用 公 式
4	阀 盖	强度验算	国标: I_{15} 欧洲: I_{16} 、 I_{17} 、 I_{18} 、 I_{19} 、 I_{20} 、 I_{21} 、 I_{22} 、 I_{23} 、 I_{24} 、 I_{25} 、 I_{26}
5	内压自密封阀盖	强度验算	欧洲: I_{27} 、 I_{28} 、 I_{29} 、 I_{30} 、 I_{31} 、 I_{32} 、 I_{33} 、 I_{34} 、 I_{35} 、 I_{36} 国标: I_{37} 、 I_{38} 、 I_{39} 、 I_{40} 、 I_{41} 、 I_{42} 、 I_{43} 、 I_{44} 、 I_{45} 、 I_{46} 、 I_{47} 、 I_{48} 、 I_{49} 、 I_{50} 、 I_{51} 、 I_{52}
6	支架	强度验算	J_1 、 J_2 、 J_3 、 J_8 、 J_9
7	阀杆	强度验算	升降杆: G_1 、 G_{10} 旋转杆: G_2 、 G_{11} 分段阀杆: G_6 带有御压阀的阀杆: G_8 带防转键阀杆: G_7 稳定性验算: G_9
8	密封面	密封面上总作用力 及计算比压 内压自密封环	M_1 H_1
9	闸板	厚度	单面强制密封: B_1 双面强制密封: B_2
10	支架与驱动装置 连接盘	强度验算	Z_1
11	填料压盖	强度验算	X_1
12	活节螺栓	强度验算	X_2
13	销轴	强度验算	X_3
14	阀杆螺母	梯形螺纹强度验算	W_1
15	滚动轴承	基本额定动载荷 额定静载荷	L_1 L_2
16	手轮	升降杆总转矩及圆 周力 旋转杆总转矩及圆 周力	L_3 L_4

(3) 升降杆平行式闸阀

- 1) 单闸板 (图 3-4 和表 3-5)。
- 2) 双闸板 (图 3-5 ~ 图 3-7 和表 3-6)。

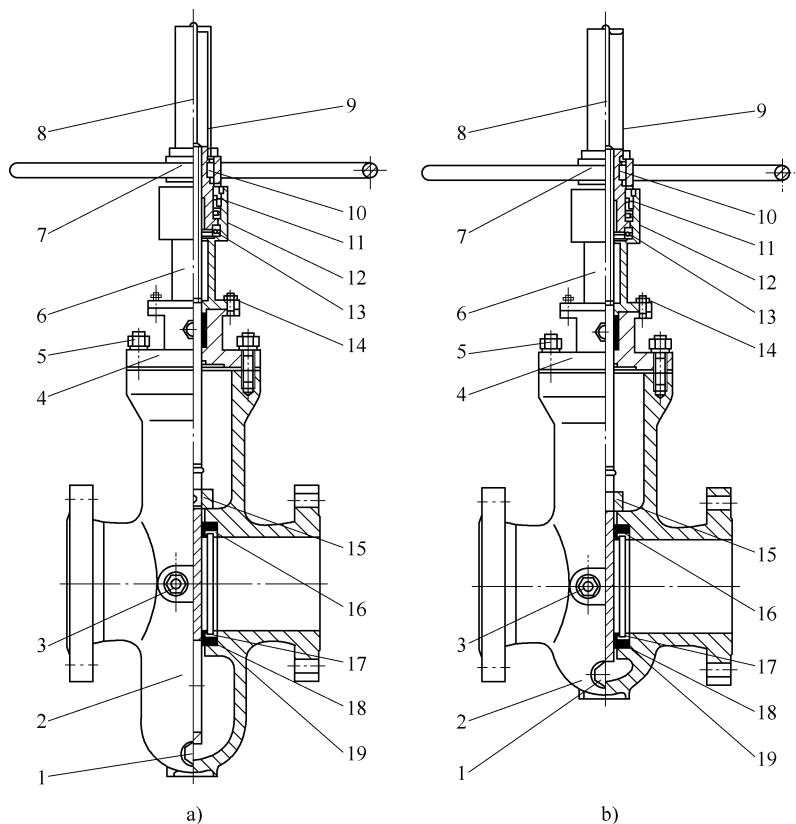


图 3-4 升降杆平行式闸阀

a) 升降杆平行式单闸板有导流孔闸阀 b) 升降杆平行式单闸板无导流孔闸阀

1—排污阀 2—阀体 3—注脂阀 4—阀盖 5—螺柱 6—支架 7—手轮 8—指示杆 9—防护帽
10—键 11—压紧螺母 12—轴承 13—阀杆螺母 14—螺柱 15—四方套 16—阀座 17~19—密封圈

表 3-5 升降杆平行式单闸板典型计算项目

序 号	零 件 名 称	计 算 内 容	选 用 公 式
1	阀体	壁厚	国标: T_1 、 T_2 、 T_3 美标: T_9 、 T_{10} 欧洲: T_{13} 、 T_{14} 日本: T_{15} 、 T_{16} 钢制厚壁圆筒: T_6 钢制球形: 薄壁: T_4 、 T_5 厚壁: T_7 非圆形截面、钢制、铸铁制: T_8 椭圆形、铸铁制: T_{18}

(续)

序 号	零 件 名 称	计 算 内 容	选 用 公 式
2	阀体和阀盖联接螺栓	强度验算	国标: S_1 、 S_9 、 S_{10} 、 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{13} 、 S_{14} 、 S_{15} 、 S_{16} 、 S_{17} 美标: S_5
3	中法兰	强度验算	A 法: F_1 、 F_2 、 F_3 B 法: F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_7
4	阀盖	强度验算	国标: I_{15} 欧洲: I_{16} 、 I_{17} 、 I_{18} 、 I_{19} 、 I_{20} 、 I_{21} 、 I_{22} 、 I_{23} 、 I_{24} 、 I_{25} 、 I_{26}
5	内压自密封阀盖	强度验算	欧洲: I_{27} 、 I_{28} 、 I_{29} 、 I_{30} 、 I_{31} 、 I_{32} 、 I_{33} 、 I_{34} 、 I_{35} 、 I_{36} 国标: I_{37} 、 I_{38} 、 I_{39} 、 I_{40} 、 I_{41} 、 I_{42} 、 I_{43} 、 I_{44} 、 I_{45} 、 I_{46} 、 I_{47} 、 I_{48} 、 I_{49} 、 I_{50}
6	支架	强度验算	J_1 、 J_2 、 J_4 、 J_8 、 J_9
7	阀杆	强度验算	固定阀座: G_3 浮动阀座: G_4
8	密封面	密封面上总作用力 及计算比压 内压自密封环	M_2 H_1
9	闸板	厚度	B_1
10	支架与驱动装置 连接盘	强度验算	Z_1
11	填料压盖	强度验算	X_1
12	活节螺栓	强度验算	X_2
13	销轴	强度验算	X_3
14	阀杆螺母	梯形螺纹强度验算	W_1
15	滚动轴承	基本额定动载荷 额定静载荷	L_1 L_2
16	手轮	升降杆总转矩及圆 周力	L_3
17	弹簧	圆柱螺旋压缩弹簧 碟形弹簧	$TH_1 \sim TH_8$ $TH_9 \sim TH_{14}$

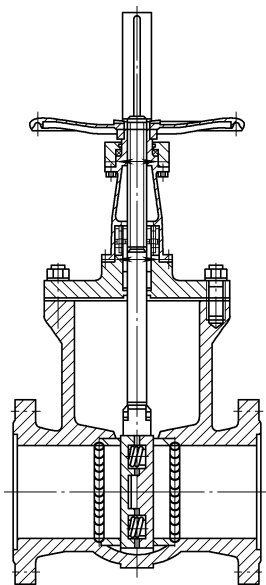


图 3-5 升降杆平行式双闸板闸阀

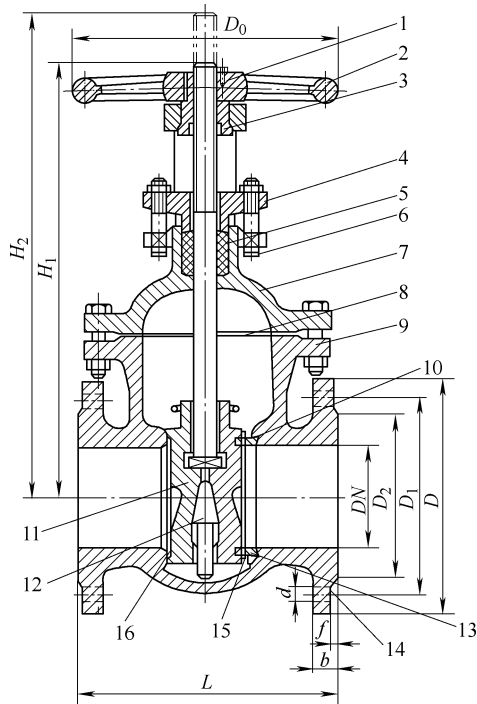


图 3-6 低压升降杆平行式双闸板闸阀

- 1—阀杆 2—手轮 3—阀杆螺母 4—填料压盖
5—填料 6—J形螺栓 7—阀盖 8—垫片 9—阀体
10—闸板密封圈 11—闸板 12—顶楔 13—阀体密封圈
14—法兰孔数 15—有密封圈形式 16—无密封圈形式

表 3-6 升降杆平行式双闸板典型计算项目

序 号	零 件 名 称	计 算 内 容	选 用 公 式
1	阀体	壁厚	国标: T_1 、 T_2 、 T_3 美标: T_9 、 T_{10} 欧洲: T_{13} 、 T_{14} 日本: T_{15} 、 T_{16} 钢制厚壁圆筒: T_6 钢制球形薄壁: T_4 、 T_5 厚壁: T_2 非圆形截面、铜制、铸铁: T_8 椭圆形、铸铁制: T_{18}

(续)

序 号	零 件 名 称	计 算 内 容	选 用 公 式
2	阀体和阀盖联接螺栓	强度验算	国标: S_1 、 S_9 、 S_{10} 、 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{13} 、 S_{14} 、 S_{15} 、 S_{16} 、 S_{17} 美标: S_5
3	中法兰	强度验算	A 法: F_1 、 F_2 、 F_3 B 法: F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_7
4	阀盖	强度验算	国标: I_{15} 欧洲: I_{16} 、 I_{17} 、 I_{18} 、 I_{19} 、 I_{20} 、 I_{21} 、 I_{22} 、 I_{23} 、 I_{24} 、 I_{25} 、 I_{26}
5	内压自密封阀盖	强度验算	欧洲: I_{27} 、 I_{28} 、 I_{29} 、 I_{30} 、 I_{31} 、 I_{32} 、 I_{33} 、 I_{34} 、 I_{35} 、 I_{36} 国标: I_{37} 、 I_{38} 、 I_{39} 、 I_{40} 、 I_{41} 、 I_{42} 、 I_{43} 、 I_{44} 、 I_{45} 、 I_{46} 、 I_{47} 、 I_{48} 、 I_{49} 、 I_{50} 、 I_{51} 、 I_{52}
6	支架	强度验算	J_1 、 J_2 、 J_3 、 J_8 、 J_9
7	阀杆	强度验算	固定阀座: G_3 浮动阀座: G_4 稳定性验算: G_9
8	密封面	密封面上总作用力及计算比压 内压自密封环	M_2 H_1
9	闸板	厚度	B_3
10	支架与驱动装置连接盘	强度验算	Z_1
11	填料压盖	强度验算	X_1
12	活节螺栓	强度验算	X_2
13	销轴	强度验算	X_3
14	阀杆螺母	梯形螺纹强度验算	W_1
15	滚动轴承	基本额定动载荷 额定静载荷	L_1 L_2
16	手轮	升降杆总转矩及圆周力	L_3
17	弹簧	圆柱螺旋压缩弹簧 碟形弹簧	$TH_1 \sim TH_8$ $TH_9 \sim TH_{14}$

(4) 旋转杆平行式单闸板闸阀 (图 3-8 和表 3-7)

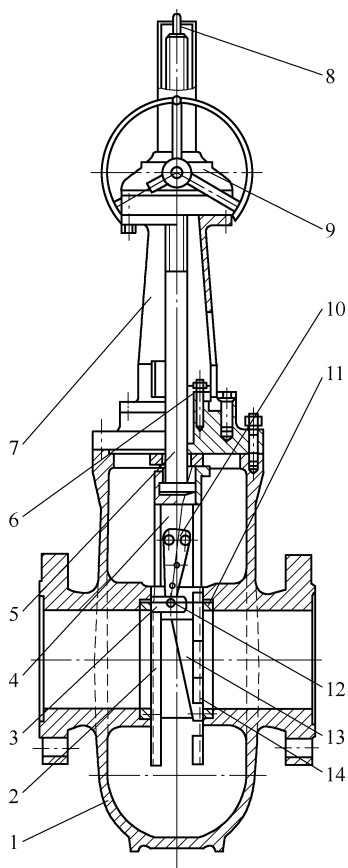


图 3-7 升降杆平行式双闸板有导流孔闸阀

- 1—阀体 2—主导板 3—摆块 4—主闸板
5—阀杆 6—填料压盖 7—支架 8—指示杆
9—传动装置 10—摆块 11—阀座
12—销轴 13—副闸板 14—副导板

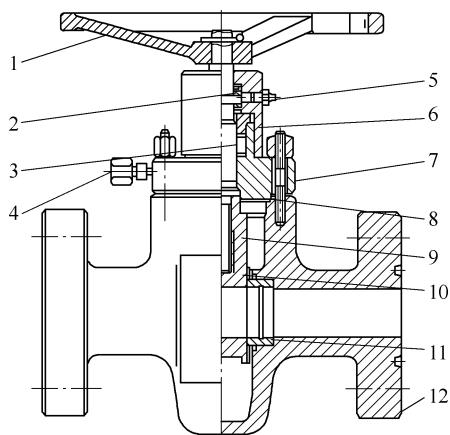


图 3-8 旋转杆平行式单闸板有导流孔闸阀

- 1—手轮 2—轴承 3—密封填料
4—密封脂注入阀 5—油杯 6—轴承座
7—阀盖 8—金属密封件 9—阀杆
10—阀板 11—阀座 12—阀体

表 3-7 旋转杆平行式单闸板闸阀典型计算项目

序 号	零 件 名 称	计 算 内 容	选 用 公 式
1	阀体	壁厚	国标: T_1 、 T_2 、 T_3 美标: T_9 、 T_{10} 欧洲: T_{13} 、 T_{14} 日本: T_{15} 、 T_{16} 厚壁圆筒、钢制: T_6 钢制球形、薄壁: T_4 、 T_5 厚壁: T_7

(续)

序 号	零 件 名 称	计 算 内 容	选 用 公 式
2	中法兰联接螺栓	强度验算	国标: S_1 、 S_9 、 S_{10} 、 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{13} 、 S_{14} 、 S_{15} 、 S_{16} 、 S_{17} 美标: S_5
3	中法兰	强度验算	A 法: F_1 、 F_2 、 F_3 B 法: F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_7
4	阀盖	强度验算	国标: I_{15} 欧洲: I_{16} 、 I_{17} 、 I_{18} 、 I_{19} 、 I_{20} 、 I_{21} 、 I_{22} 、 I_{23} 、 I_{24} 、 I_{25} 、 I_{26}
5	支架	强度验算	J_1 、 J_2 、 J_3 、 J_8 、 J_9
6	阀杆	强度验算	固定阀座: G_3 浮动阀座: G_4 稳定性验算: G_9
7	密封面	密封面上总作用力 及计算比压	M_2
8	闸板	厚度	B_1
9	阀杆螺母	梯形螺纹强度验算	W_1
10	滚动轴承	基本额定动载荷 额定静载荷	L_1 L_2
11	手轮	旋转杆总转矩及圆 周力	L_4
12	弹簧	圆柱螺旋压缩弹簧 碟形弹簧	$TH_1 \sim TH_8$ $TH_9 \sim TH_{14}$

3.2.2 截止阀

(1) 升降杆式截止阀

- 1) 平面密封 (图 3-9 和表 3-8)。
- 2) 球面密封 (图 3-10 和表 3-8)。
- 3) 锥面密封 (图 3-11 和表 3-8)。

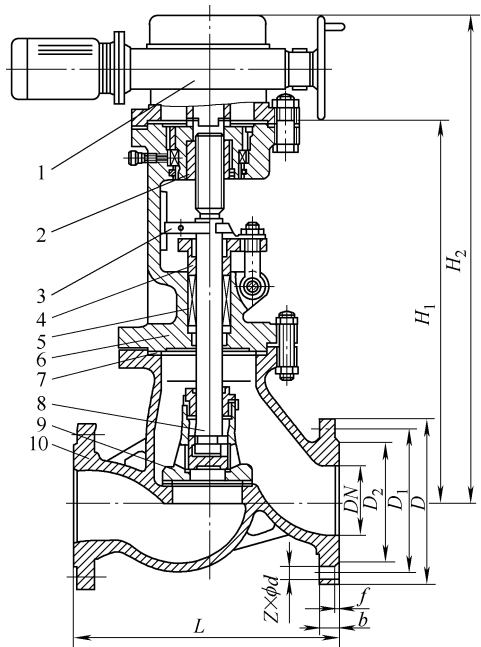


图 3-9 电动平面密封截止阀

1—电动装置 2—阀杆螺母 3—导向块 4—填料压盖 5—填料 6—阀盖
7—垫片 8—阀杆 9—阀瓣 10—阀体

表 3-8 升降杆式截止阀典型计算项目

序 号	零 件 名 称	计 算 内 容	选 用 公 式
1	阀体	壁厚	国标: T_1 、 T_2 、 T_3 美标: T_9 、 T_{10} 欧洲: T_{13} 、 T_{14} 日本: T_{15} 、 T_{16} 厚壁圆筒钢制: T_6 钢制球形薄壁: T_4 、 T_5 厚壁: T_7 圆形铸铁: T_{17}
2	中法兰联接螺栓	强度验算	国标: S_1 、 S_9 、 S_{10} 、 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{13} 、 S_{14} 、 S_{15} 、 S_{16} 、 S_{17} 美标: S_5
3	中法兰	强度验算	A 法: F_1 、 F_2 、 F_3 B 法: F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_7

(续)

序 号	零 件 名 称	计 算 内 容	选 用 公 式
4	阀 盖	强度验算	国标: I_{15} 欧洲: I_{16} 、 I_{17} 、 I_{18} 、 I_{19} 、 I_{20} 、 I_{21} 、 I_{22} 、 I_{23} 、 I_{24} 、 I_{25} 、 I_{26}
5	内压自密封 阀盖	强度验算	欧洲: I_{27} 、 I_{28} 、 I_{29} 、 I_{30} 、 I_{31} 、 I_{32} 、 I_{33} 、 I_{34} 、 I_{35} 、 I_{36} 国标: I_{37} 、 I_{38} 、 I_{39} 、 I_{40} 、 I_{41} 、 I_{42} 、 I_{43} 、 I_{44} 、 I_{45} 、 I_{46} 、 I_{47} 、 I_{48} 、 I_{49} 、 I_{50} 、 I_{51} 、 I_{52}
6	支架	强度验算	J_4 、 J_5 、 J_6 、 J_7
7	阀杆	强度验算	G_6 阀杆稳定性验算: G_9
8	密封面	密封面上总作用 力及计算比压 内压自密封环	平面密封: M_3 锥面密封: M_4 球面密封: M_5 带有内旁通高进低出 平面密封: M_6 H_1
9	阀瓣	平面密封球头连 接阀瓣强度 平面密封用孔连 接阀瓣强度	B_4 B_5
10	支架与驱动 装置连接盘	强度验算	Z_1
11	填料压盖	强度验算	X_1
12	活节螺栓	强度验算	X_2
13	销轴	强度验算	X_3
14	阀杆螺母	梯形螺纹强度 验算	W_1
15	滚动轴承	基本额定动载荷 额定静载荷	L_1 L_2
16	手轮	升降杆总转矩及 圆周力 带防转键手轮总 转矩及圆周力 手柄总转矩及圆 周力	L_3 L_5 L_6

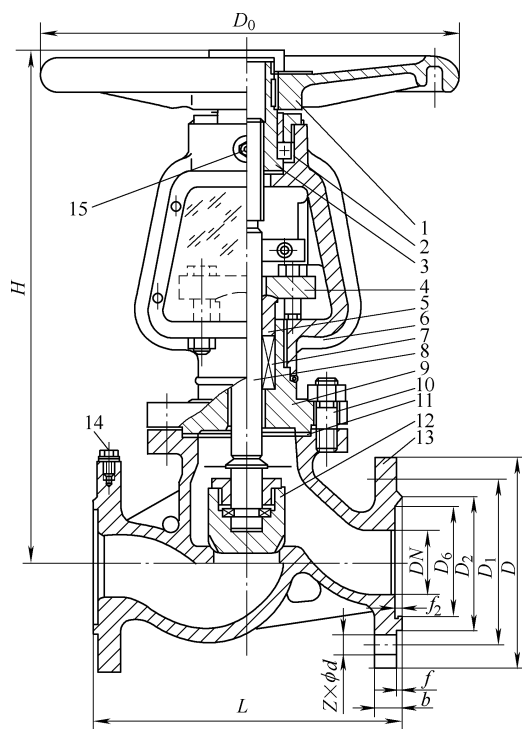


图 3-10 手动球面密封氧气管路用截止阀

- 1—手轮 2—轴承 3—阀杆螺母 4—填料压板
5—填料压套 6—支架 7—填料 8—阀杆
9—阀盖 10—双头螺柱 11—垫片 12—阀瓣
13—阀体 14—接地螺塞 15—曲轴

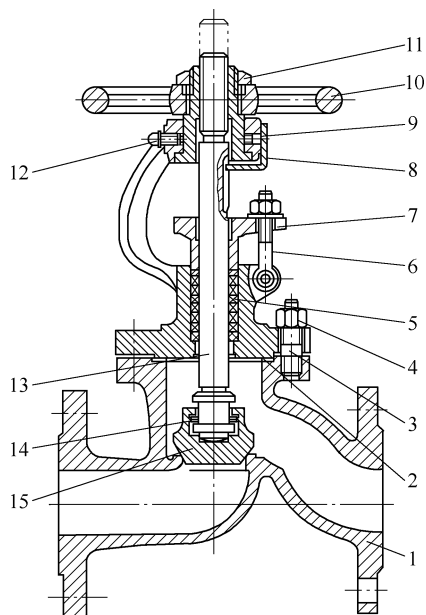


图 3-11 手动锥面密封截止阀

- 1—阀体 2—中法兰垫片 3—双头螺柱
4—螺母 5—填料 6—活节螺栓
7—填料压盖 8—导向块 9—阀杆螺母
10—手轮 11—压紧螺母 12—油杯
13—阀杆 14—钢球 15—阀瓣

(2) 旋转升降杆式截止阀

1) 平面密封 (图 3-12 和表 3-9)。

表 3-9 旋转升降杆式截止阀典型计算项目

序 号	零件名称	计算内容	选用公式
1	阀体	壁厚	国标: T_1 、 T_2 、 T_3 美标: T_9 、 T_{10} 欧洲: T_{13} 、 T_{14} 日本: T_{15} 、 T_{16} 厚壁圆筒钢制: T_6 钢制球形薄壁: T_4 、 T_5 厚壁: T_7 圆形铸铁: T_{17}

(续)

序 号	零 件 名 称	计 算 内 容	选 用 公 式
2	中法兰联接螺栓	强度验算	国标: S_1 、 S_9 、 S_{10} 、 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{13} 美标: S_5
3	中法兰	强度验算	A 法: F_1 、 F_2 、 F_3 B 法: F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_7
4	阀盖	强度验算	国标: I_{15} 欧洲: I_{16} 、 I_{17} 、 I_{18} 、 I_{19} 、 I_{20} 、 I_{21} 、 I_{22} 、 I_{23} 、 I_{24} 、 I_{25} 、 I_{26}
5	内压自密封阀盖	强度验算	欧洲: I_{27} 、 I_{28} 、 I_{29} 、 I_{30} 、 I_{31} 、 I_{32} 、 I_{33} 、 I_{34} 、 I_{35} 、 I_{36} 国 标: I_{37} 、 I_{38} 、 I_{39} 、 I_{40} 、 I_{41} 、 I_{42} 、 I_{43} 、 I_{44} 、 I_{45} 、 I_{46} 、 I_{47} 、 I_{48} 、 I_{49} 、 I_{50} 、 I_{51} 、 I_{52}
6	支架	强度验算	J_4 、 J_5 、 J_6 、 J_7
7	阀杆	强度验算 稳定性验算	G_5 、 G_{12} G_9
8	密封面	密封面上总作用力及 计算比压	平面密封: M_3 锥面密封: M_4 球面密封: M_5 带有内旁通的高进低出平面密封: M_6
		内压自密封环	H_1
9	阀瓣	平面密封球头连接阀 瓣强度	B_4
		平面密封用孔连接阀 瓣强度	B_5
10	支架与驱动 装置连接盘	强度验算	Z_1
11	填料压盖	强度验算	X_1
12	活节螺栓	强度验算	X_2
13	销轴	强度验算	X_3
14	阀杆螺母	梯形螺纹强度验算与 支架连接螺纹强度验算	W_1 W_2
15	滚动轴承	基本额定动载荷	L_1
		额定静载荷	L_2
16	手轮	总转矩及圆周力	L_4
		带防转键手轮总转矩 及圆周力	L_5
		手柄总转矩及圆周力	L_6

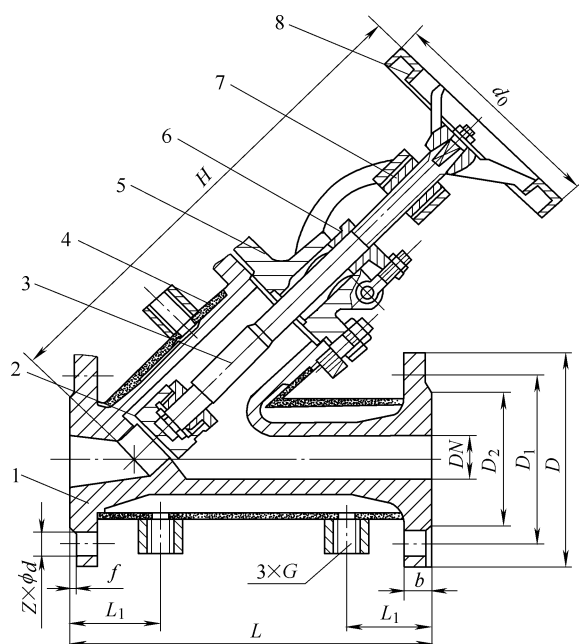


图 3-12 平面密封直流式截止阀

1—阀体 2—阀瓣 3—阀杆 4—保温套 5—阀盖 6—填料压盖 7—阀杆螺母 8—手轮

2) 球面密封 (图 3-13 和表 3-9)。

3) 锥面密封 (图 3-14 和表 3-9)。

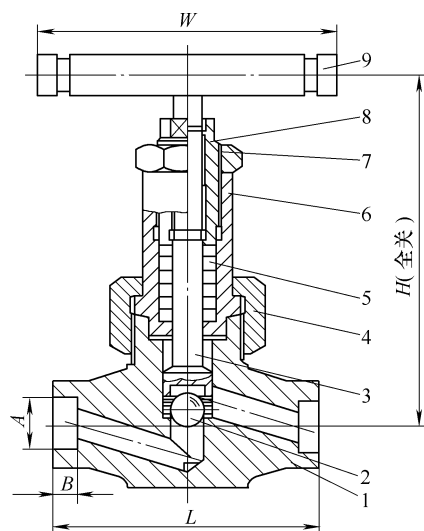


图 3-13 球面密封截止阀

1—阀体 2—球体 3—阀杆 4、6—阀盖 5—填料 7—锁紧螺母 8—阀杆螺母 9—手柄

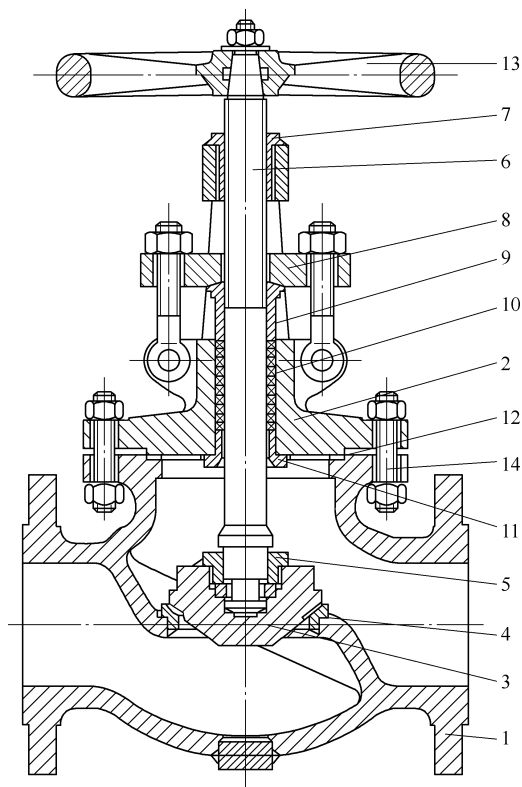


图 3-14 锥面密封截止阀

1—阀体 2—阀盖 3—阀瓣 4—阀座 5—阀瓣盖 6—阀杆 7—阀杆螺母 8—填料压板
9—填料压套 10—填料 11—上密封座 12—中法兰垫片 13—手轮 14—中法兰联接螺栓

3.2.3 止回阀

(1) 旋启式止回阀 (图 3-15 和表 3-10)

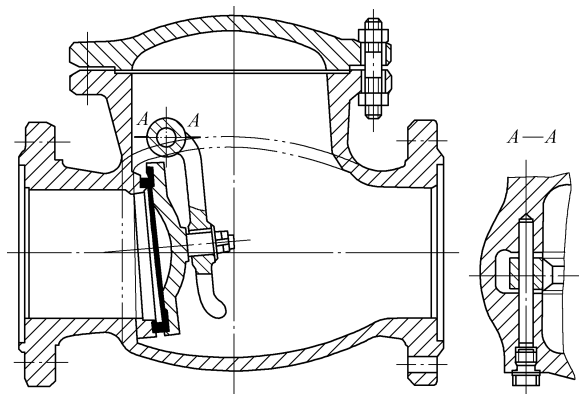


图 3-15 旋启式止回阀

表 3-10 旋启式止回阀典型计算项目

序 号	零 件 名 称	计 算 内 容	选 用 公 式
1	阀 体	壁厚	国标: T_1 、 T_2 、 T_3 美标: T_9 、 T_{10} 欧洲: T_{13} 、 T_{14} 日本: T_{15} 、 T_{16} 厚壁圆筒钢制: T_6 钢制球形薄壁: T_4 、 T_5 厚壁: T_7 非圆形截面、钢制、铸铁制: T_8 圆形、铸铁制: T_{17} 椭圆形、铸铁制: T_{18}
2	中法兰联接螺栓	强度验算	国标: S_1 、 S_9 、 S_{10} 、 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{13} 美标: S_5
3	中法兰	强度验算	A 法: F_1 、 F_2 、 F_3 B 法: F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_7
4	阀 盖	厚度	平板 I 型国标: I_1 欧洲: I_3 II、III 型国标: I_2 欧洲: I_4 椭圆形国标: I_5 欧洲: I_8 、 I_9 正方形国标: I_7 欧洲: I_{11} 长方形国标: I_6 欧洲: I_{10}
		碟形: 强度验算	I_{12} 、 I_{13} 、 I_{14}
5	内压自密封阀盖	强度验算	欧洲: I_{27} 、 I_{28} 、 I_{29} 、 I_{30} 、 I_{31} 、 I_{32} 、 I_{33} 、 I_{34} 、 I_{35} 、 I_{36} 国标: I_{37} 、 I_{38} 、 I_{39} 、 I_{40} 、 I_{41} 、 I_{42} 、 I_{43} 、 I_{44} 、 I_{45} 、 I_{46} 、 I_{47} 、 I_{48} 、 I_{49} 、 I_{50} 、 I_{51} 、 I_{52}
6	密封面	密封面上总作用力及计算比压 内压自密封环	M_1 H_1
7	阀瓣	厚度	B_6

(2) 升降式止回阀 (图 3-16 ~ 图 3-18 和表 3-11)

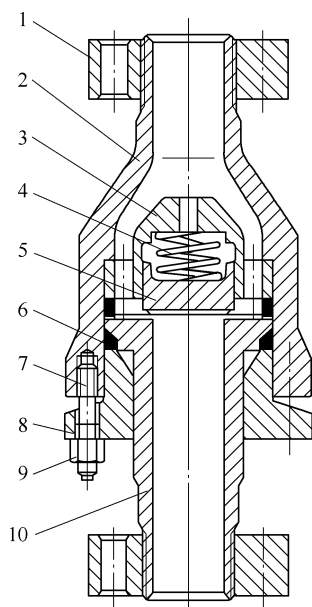


图 3-16 立式升降式止回阀

- 1—法兰 2—阀体 3—导向套 4—弹簧
5—阀瓣 6—密封环 7—螺栓
8—阀盖 9—螺母 10—阀座

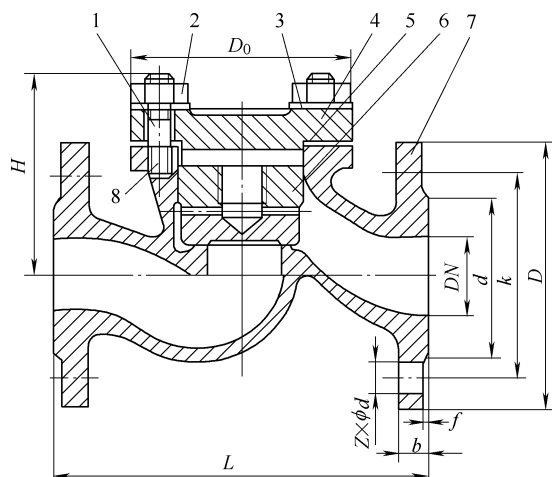


图 3-17 升降式止回阀

- 1—螺栓 2—螺母 3—垫圈 4—阀盖
5—中法兰垫片 6—阀瓣 7—阀体

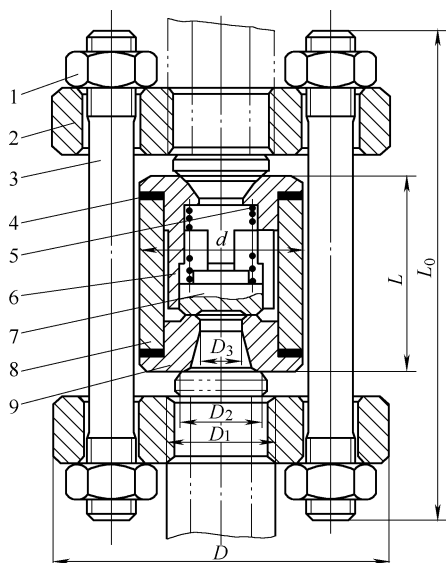


图 3-18 高压升降式止回阀

- 1—螺母 2—法兰 3—双头螺柱 4—垫片 5—弹簧 6—阀盖 7—阀瓣 8—阀体 9—阀座

表 3-11 升降式止回阀典型计算项目

序 号	零 件 名 称	计 算 内 容	选 用 公 式
1	阀体	壁厚	国标: T_1 、 T_2 、 T_3 美标: T_9 、 T_{10} 欧洲: T_{13} 、 T_{14} 日本: T_{15} 、 T_{16} 厚壁圆筒铜制: T_6 圆形铸铁制: T_{17}
2	中法兰联接螺栓	强度验算	国标: S_1 、 S_9 、 S_{10} 、 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{13} 美标: S_5
3	中法兰	强度验算	A 法: F_1 、 F_2 、 F_3 B 法: F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_7
4	阀盖	厚度	平板 I 型国标: I_1 欧洲: I_3 II、III 型国标: I_2 欧洲: I_4 正方形国标: I_7 欧洲: I_{11}
5	内压自密封阀盖	碟形强度验算 强度验算	I_{12} 、 I_{13} 、 I_{14} 欧洲: I_{27} 、 I_{28} 、 I_{29} 、 I_{30} 、 I_{31} 、 I_{32} 、 I_{33} 、 I_{34} 、 I_{35} 、 I_{36} 国标: I_{37} 、 I_{38} 、 I_{39} 、 I_{40} 、 I_{41} 、 I_{42} 、 I_{43} 、 I_{44} 、 I_{45} 、 I_{46} 、 I_{47} 、 I_{48} 、 I_{49} 、 I_{50} 、 I_{51} 、 I_{52}
6	密封面	密封面上总作用力及计算比压	平面密封: M_3 锥面密封: M_4 球面密封: M_5
7	阀瓣	内压自紧密封环强度验算	H_1 B_5

(3) 对夹式单瓣或双瓣旋启式止回阀 (图 3-19 ~ 图 3-21 和表 3-12)

表 3-12 对夹式单瓣或双瓣旋启式止回阀典型计算项目

序 号	零 件 名 称	计 算 内 容	选 用 公 式
1	阀体	壁厚	国标: T_1 、 T_3 美标: T_9 欧洲: T_{13} 日本: T_{15} 薄壁圆形阀体: T_{17}

(续)

序 号	零 件 名 称	计 算 内 容	选 用 公 式
2	密封面	密封面上总作用力及计算比压	M_3
3	蝶板	强度验算 厚度	表 3-59、表 3-60 表 3-56
4	扭力弹簧	技术条件	GB/T 1239.3—2009

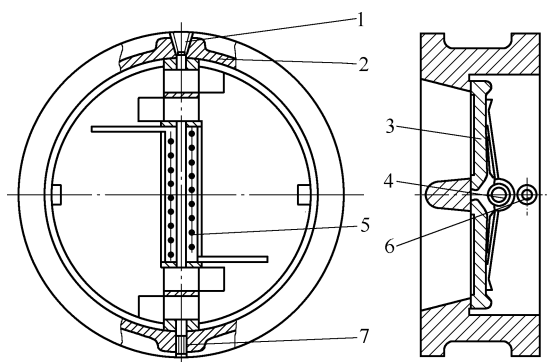


图 3-19 对夹式双瓣单轴旋启式止回阀

1—螺塞 2—阀体 3—蝶板 4—阀杆 5—扭力弹簧 6—限位销 7—堵销

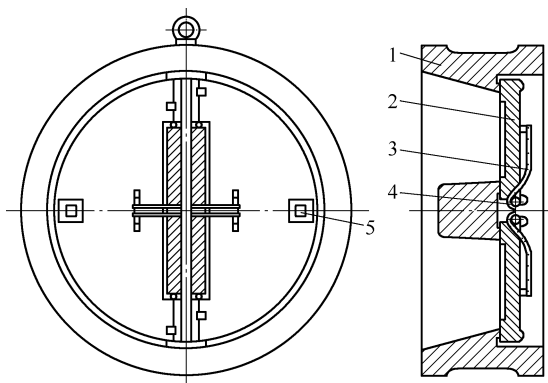


图 3-20 对夹式双瓣双轴旋启式止回阀

1—阀体 2—蝶板 3—扭力弹簧 4—阀杆 5—限位块

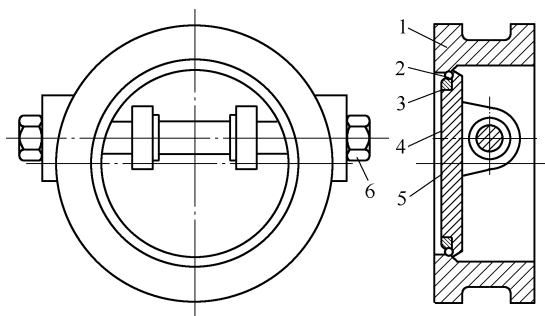


图 3-21 对夹式单瓣旋启式止回阀

1—阀体 2—密封圈 3—密封圈压板 4—蝶板 5—阀杆 6—螺母

(4) 球形止回阀 (图 3-22 ~ 图 3-24 和表 3-13)

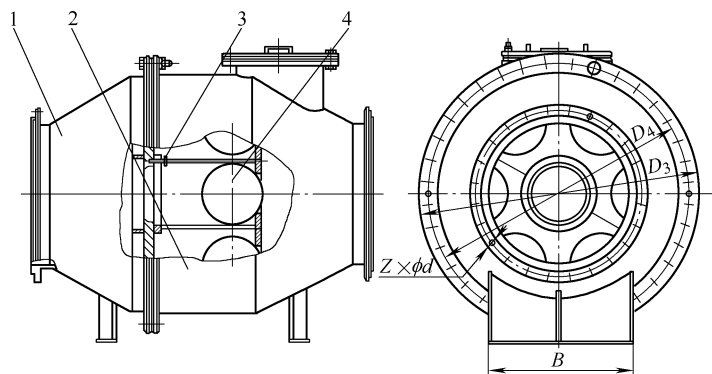


图 3-22 无磨损球形止回阀

1—左阀体 2—右阀体 3—导向柱 4—球体

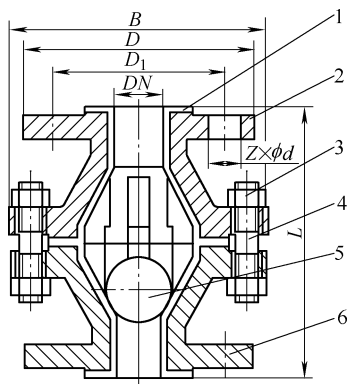


图 3-23 球形衬氟塑料止回阀

1—衬氟塑料层 2、6—阀体 3—六角螺母
4—双头螺栓 5—球体

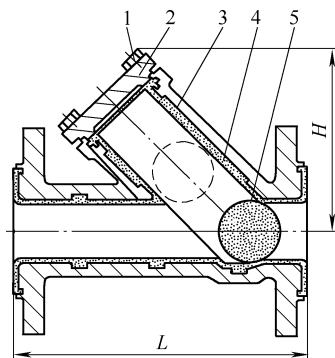


图 3-24 球形衬氟塑料 Y 式止回阀

1—螺钉 2—端盖 3—衬氟塑料层
4—Y 形阀体 5—球体

表 3-13 球形止回阀典型计算项目

序 号	零件名称	计算内容	选用公式
1	阀体	壁厚	国标: T_1 、 T_3 美标: T_9 欧洲: T_{13} 日本: T_{15} 薄壁圆形阀体: T_{17}
2	中法兰联接螺栓	强度验算	国标: S_3 、 S_9 、 S_{10} 、 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{14} 、 S_{15} 、 S_{17} 美标: S_7
3	中法兰	强度验算	A 法: F_1 、 F_2 、 F_3 B 法: F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_7
4	密封面	密封面上总作用力及计算比压	M_5

(5) 轴流式止回阀 (图 3-25 和表 3-14)

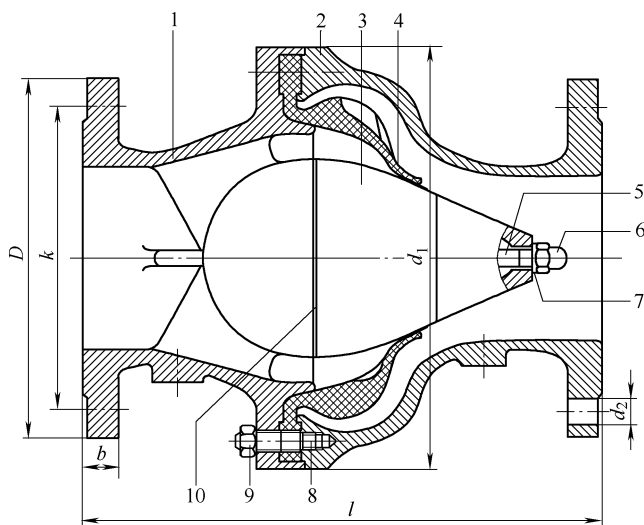


图 3-25 轴流式止回阀

1—左阀体 2—右阀体 3—流动导向体 4—密封膜片 5、8—双头螺栓
 6—盖形螺母 7—垫圈 9—六角螺母 10—密封线

表 3-14 轴流式止回阀典型计算项目

序 号	零件名称	计算内容	选用公式
1	阀体	壁厚	国标: T_1 、 T_3 美标: T_9 欧洲: T_{13} 日本: T_{15}

(续)

序 号	零 件 名 称	计 算 内 容	选 用 公 式
2	中法兰联接螺栓	强度计算	国标: S_3 、 S_9 、 S_{10} 、 S_{11} 、 S_{12} 、 S_{14} 、 S_{15} 、 S_{17} 美标: S_7
3	密封面	密封面上总作用力及计算比压	M_7
4	膜片	厚度计算	见表 3-61

3.3 阀门通用部分计算式

3.3.1 阀体壁厚计算式

碳钢、合金钢和不锈钢圆形阀体壁厚计算式如图 3-26 所示。

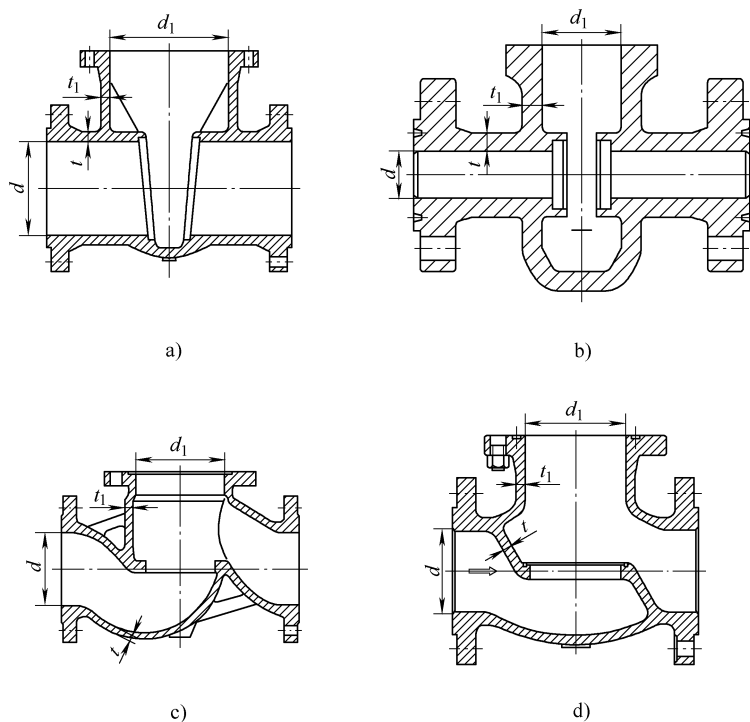


图 3-26 典型阀体结构

- a) 楔式闸阀阀体 b) 平行式闸阀阀体
c) 改进流道的截止阀及升降式止回阀阀体 d) 球形截止阀阀体

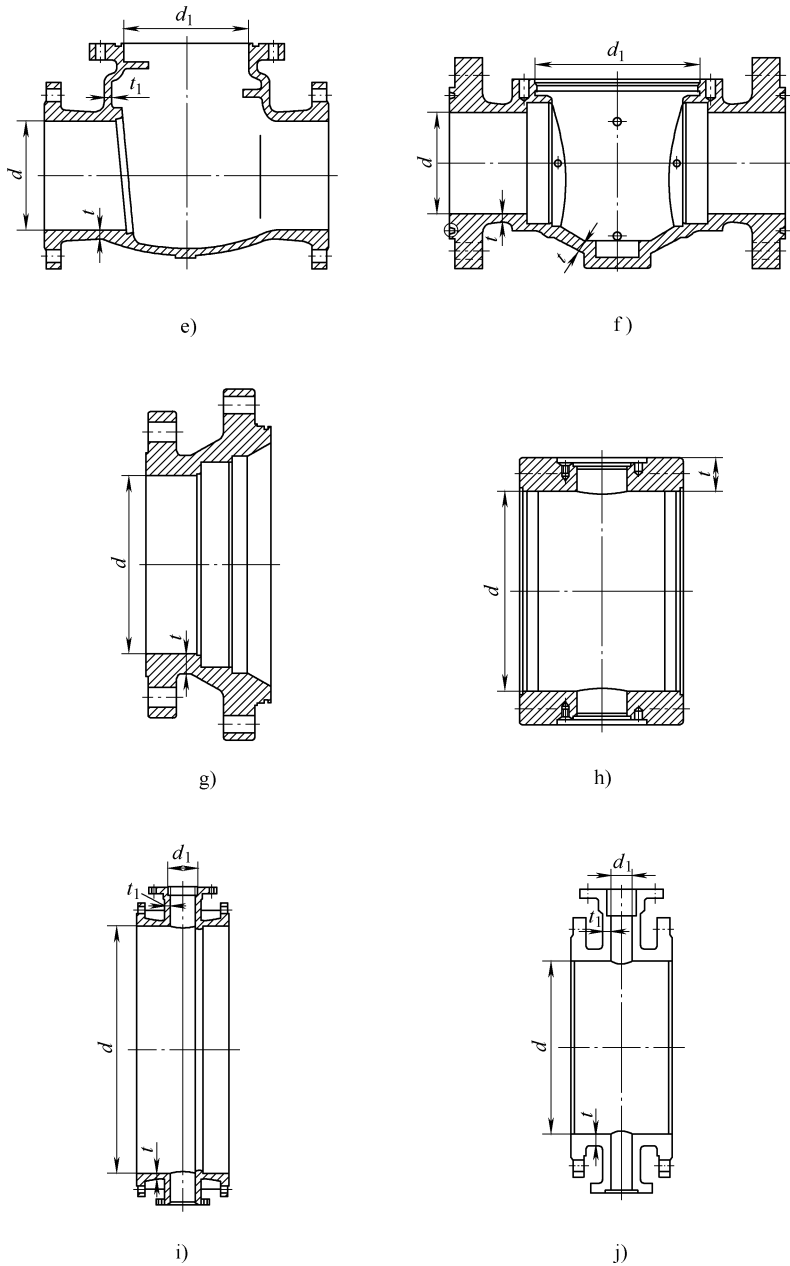


图 3-26 典型阀体结构 (续)

e) 旋启式止回阀阀体 f) 上装式球阀阀体 g) 三体式球阀左右体
h) 三体式球阀中体 i) 偏心式蝶阀阀体 j) 中线蝶阀阀体

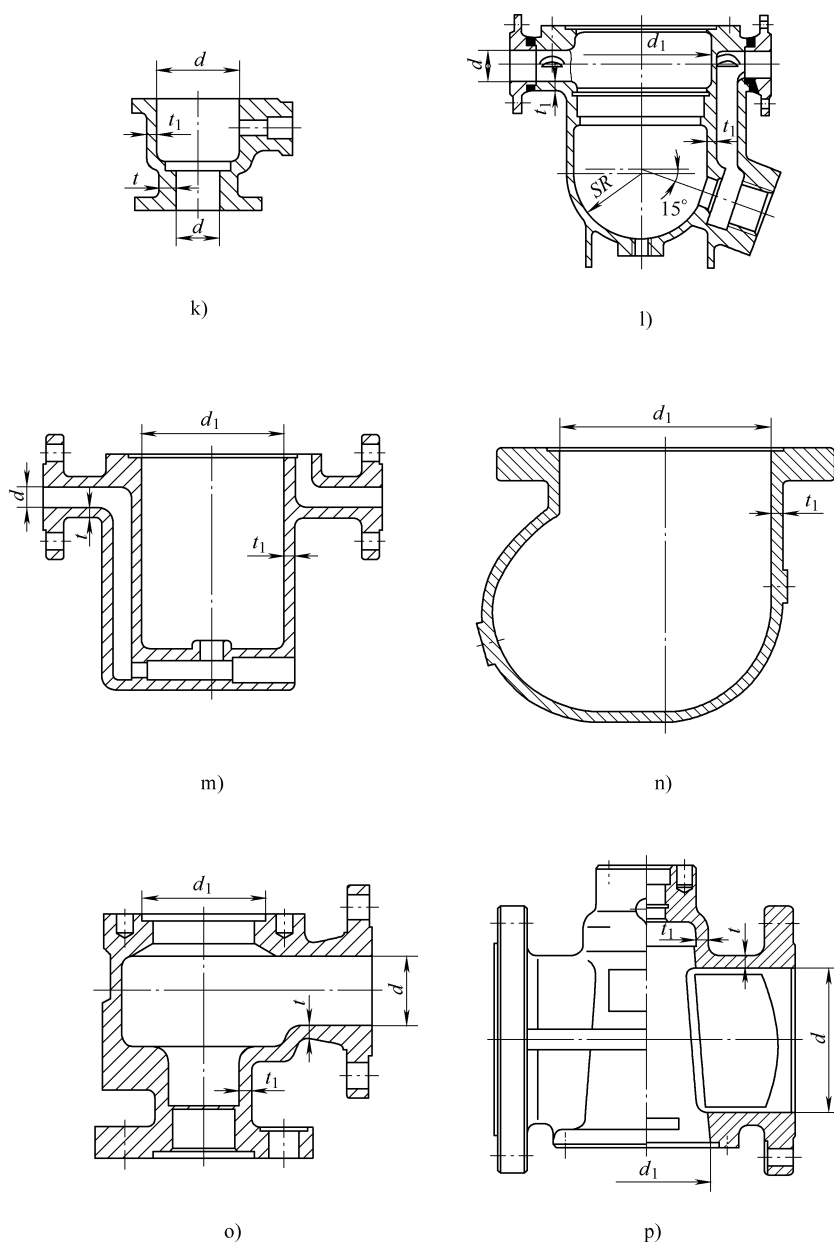


图 3-26 典型阀体结构 (续)

- k) 两体式球阀阀体 l) 自由浮球式蒸汽疏水阀阀体
m) 倒吊桶式蒸汽疏水阀阀体 n) 杠杆浮球式蒸汽疏水阀阀体
o) 安全阀阀体 p) 压力平衡式旋塞阀阀体

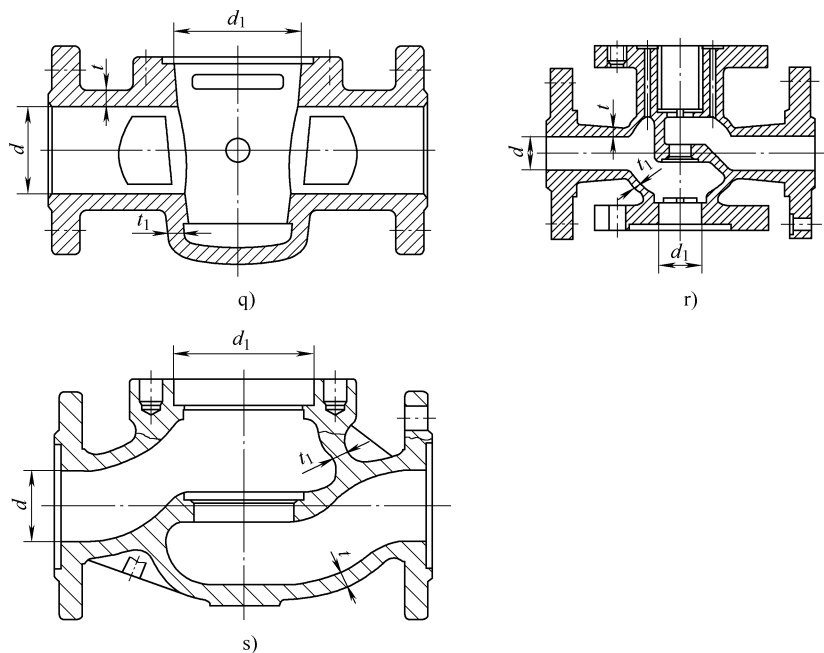


图 3-26 典型阀体结构 (续)

q) 油密封式旋塞阀阀体 r) 减压阀阀体 s) 单座调节阀阀体

1) GB/T 12224—2005《钢制阀门 一般要求》中规定的阀体通道处最小壁厚计算式见表 3-15 及如图 3-26 所示。

表 3-15 阀体通道处最小壁厚计算式

序号	名 称	公式或索引	序号	名 称	公式或索引
1	计 算 壁 厚 t'_B/mm	$1.5 \frac{6KPNd}{290S_o - 7.2KPN} + c_1$	4	系数 K	见表 3-16
			5	应力系数 S_o/MPa	取 48.3
2	公称压力 PN	取公称压力数值	6	附加裕量 c_1/mm	见表 3-17
3	管路进口端最 小内径 d/mm	设计给定 (可为 $DN90\%$)	7	实际壁厚 t_B/mm	设计选定

注: 1. $t_B \geq t'_B$, 为合格。

2. 应力系数 S_o 值在确定时是考虑了材料的压力-温度额定值在相应的温度下的许用应力而制定的, 故可不进行高温核算。

表 3-16 系数 K 值表

公称压力 PN	16	20	25	40	50	63	100、110	150、160	250、260	420
K	1.25	1.25	1.0	1.0	1.0	0.91	0.91	1.0	0.97	1.0

表 3-17 附加裕量 c_1 (单位: mm)

$\begin{matrix} PN \\ DN \end{matrix}$	16	20	25	40	50	63	100 110	150 160	250 260	420
50	4.85	4.79	4.89	4.69	4.65	4.40	3.01	3.07	2.48	3.05
65	4.66	4.54	4.64	4.49	4.26	4.53	2.70	3.01	2.51	1.94
80	4.56	4.30	4.80	4.60	4.46	4.86	2.68	3.14	2.05	1.73
100	4.90	4.77	4.97	4.67	4.60	5.30	2.92	2.95	2.66	3.21
125	4.98	5.07	5.37	4.82	4.48	4.45	2.73	3.84	2.85	3.39
150	4.85	4.66	5.06	4.86	4.75	4.70	2.53	4.22	3.04	3.46
200	5.10	4.64	5.24	4.85	4.60	4.60	2.45	4.20	3.51	3.72
250	4.85	4.53	5.23	4.74	4.45	4.71	2.66	4.48	3.19	3.97
300	5.20	4.82	5.62	4.82	4.30	4.81	3.07	5.15	3.37	4.13
350	5.35	5.00	6.00	4.51	4.95	5.31	2.48	5.63	3.75	4.08
400	5.30	4.89	5.99	5.30	4.80	7.41	2.89	6.20	3.93	4.34
450	5.35	4.87	6.17	5.49	4.95	5.61	2.80	6.18	3.91	5.09
500	5.40	4.86	6.26	5.37	4.80	5.71	3.21	6.56	4.09	5.35
600	5.60	4.93	6.63	5.55	4.80	5.91	3.04	8.00	4.44	5.75
700	5.71	4.90	6.80	5.62	4.80	6.32	3.36	8.95	4.50	6.46
750	5.56	4.79	6.89	5.81	4.96	6.52	3.27	9.13	4.68	6.72
800	5.81	4.98	7.18	5.80	4.81	6.52	3.48	9.70	4.86	6.97
900	5.91	4.95	6.45	6.07	5.11	7.02	3.51	10.66	5.22	7.38

2) GB/T 12224—2005 《钢制阀门 一般要求》中规定的阀体中腔处最小壁厚计算式见表 3-18。

表 3-18 阀体中腔处最小壁厚计算式

序 号	名 称	公式或索引	序 号	名 称	公式或索引
1	计 算 壁 厚 t'_{B1}/mm	$1.5 \frac{6KPNd''}{290S - 7.2KPN} + c_1$	4	中 腔 最 大 内 径 d'/mm	设计给定
2	公称压力 PN	取公称压力数值	5	系数 K	见表 3-16
3	用于确定中腔 壁厚的直径 d''/mm	$\frac{2}{3}d'$	6	应力系数 S_o/MPa	取 48.3
			7	附加裕量 c_1/mm	见表 3-17
			8	实际壁厚 t_{B1}/mm	设计选定

- 注: 1. 当 $t_{B1} \geq t'_{B1}$ 时, 为合格。
2. 应力系数 S 值在确定时是考虑了材料的压力-温度额定值在相应的温度下的许用应力而制定的, 故可不进行高温核算。
3. 在 $d' > 1.5d$ 的特殊场合, 在整个直径为 d' 的阀体颈部长度内, 其壁厚必须大于 t_{B1} 。
4. 对于阀体颈部比阀体通道直径小得多的特殊场合, 即 $d/d' \geq 4$ (如蝶阀阀杆的贯穿孔), 从阀体内径与阀体颈部的轴线相交处量起 $L = t_B(1 + 1.1\sqrt{d/t_B})$ 区段内的最小局部壁厚应等于 t_{B1} , 此处 t_{B1} 是利用相应的阀体颈部内径 d' 和对应的公称压力按表 3-16 计算出的数值。超出 $t_B(1 + 1.1\sqrt{d/t_B})$ 区段的阀体颈部, 应按 d'' 用表 3-18 确定局部最小壁厚。
5. 在对阀体颈部壁上平行于阀体颈部轴线方向钻孔或攻螺纹的场合, 要求孔内侧和孔外侧的壁厚之和等于或大于 t_B 或 t_{B1} , 孔的内侧与孔的底部壁厚不应小于 $0.25t_B$ 或 $0.25t_{B1}$ 。

3) 第四强度理论最小壁厚见表 3-19 及如图 3-26 所示。

表 3-19 第四强度理论最小壁厚

序 号	名 称	公式或索引	序 号	名 称	公式或索引
1	最小壁厚 t'_B/mm	$\frac{pd'}{2.3 [\sigma_L] - p} + c$	4	许用拉应力 $[\sigma_L]/\text{MPa}$	查表 3-26 (或表 3-28)
2	计算压力 p/MPa	取公称压力 PN 数值的 1/10	5	附加裕量 c/mm	见表 3-20
3	计算内径 d'/mm	设计给定	6	实际厚度 t_B/mm	设计确定

注: 1. 当 $t_B \geq t'_B$ 时, 为合格。

2. GB/T 12224—2005 中的压力-温度额定值是根据材料相应温度下的许用应力而制定的, 故不进行高温核算。

表 3-20 附加裕量 c (单位: mm)

$t_B - c$	c	$t_B - c$	c
≤ 5	5	21 ~ 30	2
6 ~ 10	4		
11 ~ 20	3	> 30	1

4) 钢制球形阀体最小壁厚第四强度理论计算式见表 3-21。

表 3-21 钢制球形阀体最小壁厚第四强度理论计算式

序 号	名 称	公式或索引	序 号	名 称	公式或索引
1	计算壁厚 t'_B/mm	$\frac{pR}{2 [\sigma_L]} + c$	4	材料的许用拉应力 $[\sigma_L]/\text{MPa}$	查表 3-26 (或表 3-28)
2	球形阀体内半径 R/mm	设计给定	5	附加裕量 c/mm	见表 3-20
3	计算压力 p/MPa	取公称压力 PN 数值的 1/10	6	实际壁厚 t_B/mm	设计确定

注: 1. 当 $t_B \geq t'_B$ 时, 为合格。

2. GB/T 12224—2005 中规定的钢制阀门的压力-温度额定值是根据材料相应温度下的许用应力制定的, 故不进行高温核算。

5) 由两个圆弧半径组成的钢制球形阀体最小壁厚第四强度理论计算式见表 3-22 及如图 3-27 所示。

表 3-22 由两个圆弧半径组成钢制球形阀体最小壁厚第四强度理论计算式

序 号	名 称	公式或索引	序 号	名 称	公式或索引
1	垂直应力 σ_1 /MPa	$\frac{pR_2}{2(t_B - c)}$	5	大 圆 弧 内 半 径 R_1 /mm	设计给定
2	水平应力 σ_2 /MPa	$\frac{pR_2}{2(t_B - c)} \left(2 - \frac{R_2}{R_1} \right)$	6	考虑附加裕量的 壁厚 t_B /mm	设计确定
3	设计压力 p /MPa	取公称压力 PN 数值的 1/10	7	附加裕量 c /mm	查表 3-20
4	小 圆 弧 内 半 径 R_2 /mm	设计给定			

注：当 $\sigma_b > \sigma_2 > \sigma_1$ 时，为合格。

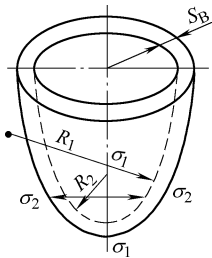


图 3-27 由两个圆弧半径组成的球形阀体

6) 钢制厚壁圆筒形阀体最小壁厚见表 3-23 及如图 3-28 所示。

表 3-23 钢制厚壁圆筒形阀体最小壁厚

序 号	名 称	公式或索引	序 号	名 称	公式或索引
1	计算壁厚 t'_B /mm	$\frac{d'}{2}(K_o - 1) + c$	7	以 R_m 为强度指标的 安全系数 n_b	取 4.25
2	计算内径 d' /mm	设计给定	8	以 R_{cl} 为强度指标的 安全系数 n_s	取 2.3
3	阀体外径与内径 的比 K_o	$\sqrt{\frac{[\sigma_b]}{[\sigma_s]} \sqrt{3} p}$	9	计算压力 p /MPa	取公称压力 PN 数 值的 1/10
4	材料的许用应力 $[\sigma_b]$ /MPa	σ_b/n_b 或 σ_s/n_s 较小值	10	附加裕量 c /mm	见表 3-20
5	材料的抗拉强度 σ_b /MPa	查有关材料标准	11	实际壁厚 t_B /mm	设计确定
6	材料的屈服强度 σ_s /MPa	查有关材料标准			

注：1. 当 $t_B \geq t'_B$ 时，为合格。

2. GB/T 12224—2005 中规定的钢制阀门的压力-温度额定值是根据材料相应温度下的许用应力制定的，故不进行高温核算。

7) 钢制厚壁球形阀体最小壁厚见表 3-24 及如图 3-29 所示。

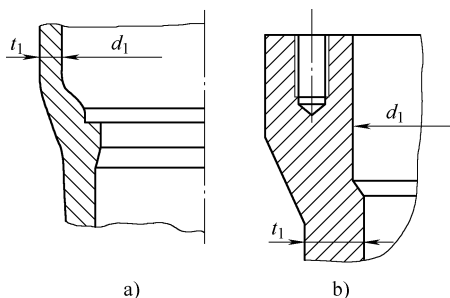


图 3-28 钢制厚壁圆筒形阀体

a) 内压自密封式阀盖阀体 b) 锻钢高压闸阀、截止阀阀体

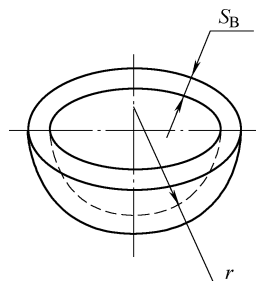


图 3-29 厚壁球形阀体

表 3-24 钢制厚壁球形阀体最小壁厚

序 号	名 称	公式或索引	序 号	名 称	公式或索引
1	计算壁厚 t'_B/mm	$\frac{2pr}{400 [\sigma_L] - p} + c$	4	材料许用拉应力 $[\sigma_L]/\text{MPa}$	查表 3-26 ~ 表 3-28
2	计算压力 p'/MPa	取公称压力 PN 数值的 1/10	5	附加裕量 c/mm	见表 3-20
3	球形阀体内腔半径 r/mm	设计给定	6	实际壁厚 t_B/mm	设计确定

注: 1. 当 $t_B \geq t'_B$ 时, 为合格。

2. GB/T 12224—2005 中规定的钢制阀门的压力-温度额定值是根据材料相应温度下的许用应力而制定的, 故不进行高温核算。

8) 非圆形截面阀体最小壁厚见表 3-35 及如图 3-30、图 3-31 所示。

表 3-25 非圆形截阀体最小壁厚

序 号	名 称	公式或索引
1	最大合成应力 $A-A, \sigma_{\Sigma A-A}/\text{MPa}$	$\pm \frac{3p}{(t_B - c)^2} (K^2 - a^2) + \frac{pa}{(t_B - c)}$
2	最大合成应力 $B-B, \sigma_{\Sigma B-B}/\text{MPa}$	$\pm \frac{3p}{(t_B - c)^2} (K^2 - b^2) + \frac{pb}{(t_B - c)}$
3	计算压力 p'/MPa	取公称压力 PN 数值的 1/10
4	实际厚度 t_B/mm	设计确定
5	附加裕量 c/mm	见表 3-20

(续)

序 号	名 称	公式或索引
6	壳体对其轴线的极回转半径 K/mm f 为校正系数, 查图 3-3 x 为扁圆形截面半圆中心到对称轴 的距离, 即 $a-b$ r_i 为测量点半径 i 为测量点序号 n 为测量点数量	矩形 (图 3-30c) $\sqrt{\frac{(a+b)^2}{3}}$ 椭圆形 (图 3-30a) $\frac{b}{a} \geq 0.4, \frac{(a+b)}{2}$ $\frac{b}{a} < 0.4, f \frac{(a+b)}{2}$ 扁圆形 (图 3-30d) $\sqrt{x^2 + b^2 + \frac{2}{3} \frac{x}{x + \frac{\pi b}{2}} (3b^2 - x^2)}$ 近似椭圆形 (图 3-30b) $\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n r_i^2}{n}}$
7	扁圆形截面长半轴 a	设计给定
8	扁圆形截面短半轴 b	设计给定
9	许用应力/MPa	$[\sigma_L] [\sigma_r]$ 查表 3-26 或表 3-28

注: 1. 当 $\sigma_{A-A} \leq [\sigma_L]$ 、 $\sigma_{A-A} \leq [\sigma_r]$ 、 $\sigma_{B-B} \leq [\sigma_L]$ 、 $\sigma_{B-B} \leq [\sigma_r]$ 时, 为合格。
2. GB/T 12224—2005 中规定的钢制阀门的压力-温度额定值是根据材料相应温度下的许用应力制定的, 故不进行高温核算。

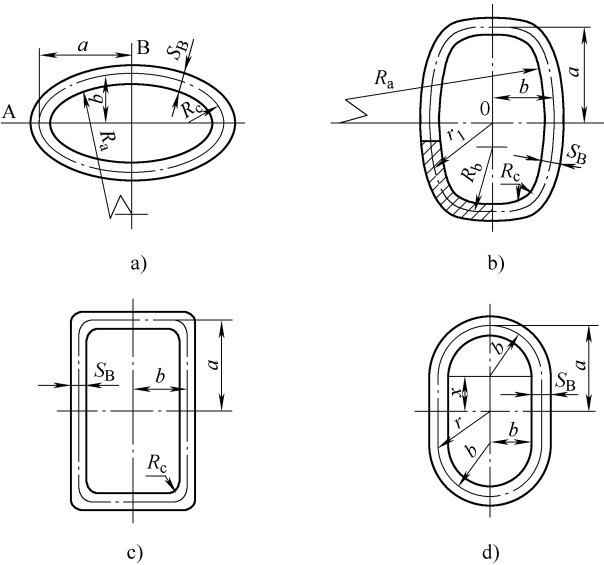


图 3-30 非圆形截面阀体

a) 椭圆形 b) 近似椭圆形 c) 矩形 d) 扁圆形

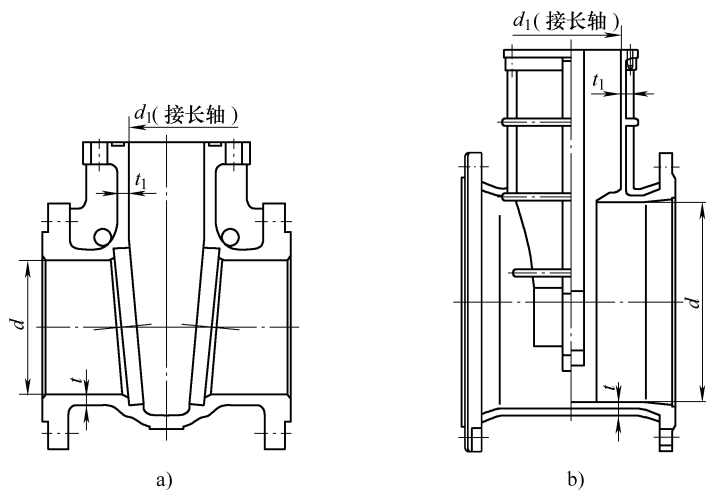


图 3-31 非圆形薄壁阀体

a) CL150 钢制闸阀阀体 b) 低压铸铁闸阀阀体

9) 铸造阀门管件用材料的许用应力 (表 3-26)。

表 3-26 (1) 铸造阀门管件用材料的许用应力

材料牌号	结构特点	$[\sigma_L]$	$[\sigma_w]$	$[\sigma_Y]$	$[\tau]$
		MPa			
HT150	阀体, 闸板	21.5	40		11
	法兰, 支架		64		11
HT200	阀体, 闸板	30	50		15
	法兰, 支架		80		
HT250	阀体, 闸板	35	55		17
	法兰, 支架		85		
HT300	阀体, 闸板	40	60		20
	法兰, 支架		90		
HT350	阀体, 闸板	45	65		23
	法兰, 支架		100		
KTH300-06	阀体, 闸板	40	60		20
	法兰, 支架		85		
KTH330-08	阀体, 闸板	45	65		23
	法兰, 支架		100		
KTH350-10	阀体, 闸板	50	70		25
	法兰, 支架		100		

(续)					
材料牌 号	结 构 特 点	$[\sigma_L]$	$[\sigma_w]$	$[\sigma_Y]$	$[\tau]$
		MPa			
KTH370-12	阀体, 闸板	55	75		28
	法兰, 支架		105		
QT500-7	阀体, 闸板	85	100		40
	法兰, 支架		120		
QT450-10	阀体, 闸板	65	80		32
	法兰, 支架		102		
QT400-15	阀体, 闸板	55	80		28
	法兰, 支架		100		

表 3-26 (2) 铸造阀门管件用材料的许用应力

材料牌 号	结构特点	金 属 模			砂 模		
		$[\sigma_L]$	$[\sigma_w]$	$[\tau]$	$[\sigma_L]$	$[\sigma_w]$	$[\tau]$
		MPa					
ZCuZn40Pb2	阀体	50	65	40	33	38	23
	法兰		80			48	
ZCuZn40Mn2	阀体	60	70	42			
	法兰		85				
ZCuZn38Mn2Pb2	阀体	60	70	42	40	46	28
	法兰		85			57	
ZCuZn25Al6Fe3Mn3	阀体				115	135	80
	法兰					170	
ZCuZn16Si4	阀体	70	85	55	65	75	50
	法兰		105			90	
ZCuSn10Pb1	阀体	50	58	35	33	38	23
	法兰		72			48	
ZCuSn3Zn8Pb6Ni1	阀体	35	40	25	30	35	21
	法兰		50			44	
ZCuAl9Mn2	阀体	60	70	42	60	70	42
	法兰		85			85	
ZCuAl10Fe3	阀体	74	85	50	60	70	42
	法兰		105			85	
ZCuAl10Fe3Mn2	阀体	60	70	42	50	58	35
	法兰		85			72	

注：凡必须采用表中材料牌号冷拉、压挤和压力加工时，各许用应力按金属模选取。

- 10) 锻造阀门管件用材料的力学性能（表 3-27）。
- 11) 锻造阀门管件用材料的许用应力（表 3-28）。

表 3-26 (3) 铸造阀门管件用材料的许用应力

(单位: MPa)

材料 牌 号	许 用 应 力	温 度 /℃																					
		20	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700
ZG 230-450	$[\sigma_w]$	102	102	102	100	95	87	82	77	74	72	61	45	38									
	$[\sigma_t]$	82	82	82	80	78	73	68	64	60	57	51	37	31									
	$[\tau]$	51	51	51	50	47	43.5	41	38.5	37	36	30.5	22.5	19									
	$[\sigma_w]$	110	110	110	108	105	102	100	98	95	92	90	86	80	65	50	40	30	20				
ZG Cr5Mo	$[\sigma_t]$	92	92	92	90	88	85	83	81	78	76	74	72	67	54	41	33	25	16				
	$[\tau]$	60	60	60	60	57.5	57.5	55	55	52.5	50	47.5	43	40	32.5	25	20	15	10				
	$[\sigma_w]$	115	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	105	105	85	55	31						
	$[\sigma_t]$	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	88	88	70	45	25						
ZG20CrMo	$[\tau]$	57.5	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	52.5	52.5	42.5	27.5	15.5						
	$[\sigma_w]$	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	120	105	85	55	32					
	$[\sigma_t]$	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	104	100	88	70	45	26					
	$[\tau]$	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	63.5	62.5	60	52.5	42.5	27.5	16					
ZG 25CrMo	$[\sigma_w]$	110	110	110	110	105	105	105	100	100	95	90	85	68	45								
	$[\sigma_t]$	92	92	92	92	88	88	88	84	84	80	75	71	57	37								
	$[\tau]$	55	55	55	55	52.5	52.5	52.5	50	50	47.5	45	42.5	34	22.5								
	$[\sigma_w]$	110	110	110	110	110	110	110	110	110	105	100	96	91	87	80	74	65	56	42	35		
ZG 12Cr18Ni9	$[\sigma_t]$	92	92	92	92	92	92	92	92	92	88	84	80	76	73	67	62	54	47	35	29		
	$[\tau]$	55	55	55	55	55	55	55	55	55	52.5	50	48	45.5	43.5	40	37	32.5	28	21	17.5		
	$[\sigma_w]$	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96	96	96	96	96	74	56	50	45	37	30
	$[\sigma_t]$	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84	80	80	80	80	80	62	55	42	37	31	25
ZG 06Cr18Ni12Mo2Ti	$[\tau]$	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	48	48	48	48	48	37	28	25	22.5	18.5	15

注: 1. 凡必须采用表中材料牌号锻造时, 应将本表许用应力均乘以 1.15 倍。

2. σ_R —蠕变强度极限, σ_{CH} —持久强度极限。

表 3-27 锻造阀门管件用材料的力学性能

(单位: MPa)

材料牌 号	力学性能	温度/℃																
		20	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575
		400	400															
Q235 A	R_m																	
	R_{eL}																	
	R_m	230	200	190	180	165	150	140	130	120	110	100	90	80	70			
Q275	R_m	500																
	R_{eL}																	
	R_m	270	240	230	210	190	175	160	150	140								
10	R_m	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340				260		190	
	R_{eL}	210	210				180				170				160		140	
	σ_R										85		45	31	25		13	
20	σ_{GH}																	
	R_m	420	420	420	420	420	420	420	420	390	360	330	300	270	230	200	186	160
	R_{eL}	240	220	200	190	180	170	160	150	140	130	120	115	110	100	90	80	68
25	σ_R										100	75	50	36	25			
	σ_{GH}												80	60	36			
	R_m	480	480	480	480	480	480	480	460	450	440	400	370	350	320	280	250	220
35	R_{eL}	280	240	220	210	200	190	180	170	160	150	140	140	130	120	110	100	95
	σ_R										105	80	53	36	25			
	σ_{GH}																	
40	R_m	540	540	540	540	540	540	540	520	520	510	510	430	390	365			
	R_{eL}	320	270	250	230	220	210	210	200	190	180	170	170	150	140			
	σ_R										110	85	55	36	25			
45	σ_{GH}																	
	R_m	580	580	580	580	580	580	580	580	550	520	480	450	400	355			
	R_{eL}	340	280	260	240	235	230	220	215	200	190	185	180	170	150			
70	σ_R										110	83	55	36	25			
	σ_{GH}																	
	R_m	610	610	610	610	610	610	610	590	560	530		480		380		310	220
80	R_{eL}	360	330	330	300	280	260	250	240	230	220		210		170		120	78
	σ_R										83		44		28		18	8
	σ_{GH}										190		97		44			

(续)

材料牌 号	力学性能	温度/℃																						
		20	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	
15CrMo	R_m	440	430	430	430	420	420	410	410	400	400	400	400	390	390	380	370	340	300					
	R_{eL}	220	220	220	220	210	210	210	200	200	200	200	200	200	190	190	190	180	180					
	σ_R											150	120	100	80	53	45							
	σ_{CH}												240	180	110	80	53							
	R_m	450	420	420	420	410	410	410	410	410	400	390	380	350	320	315	310							
12CrMoV	R_{eL}	230	210	210	200	200	190	190	190	190	180	175	170	170	170	170	165							
	σ_R														180	140	110	80	40					
	σ_{CH}														200	170	140	110	60					
	R_m	700																						
	R_{eL}	500					400		370		330													
20CrMn	σ_R														220		80		40					
	σ_{CH}																							
	R_m	660	650	630	610	580	555	535	530	530	530	510	480	470	440	400	350							
	R_{eL}	450	420	415	410	405	400	400	395	395	390	385	380	370	365	345	285							
	σ_R														128	76	48	40	30					
20Cr13	σ_{CH}														260	180	160	80						
	R_m	550	520	500	480	470	460	460	450	450	440	440	440	430	430	420	400	380	360	360	350	340	300	
	R_{eL}	200	200	195	190	185	178	170	162	155	150	148	145	142	140	137	135	132	130	125	120			
	σ_R														100	90	85	77	64	50	40			
	σ_{CH}																140	130	95	80	45	40	36	
12Cr18Ni9	R_m	550	520	500	480	470	460	460	450	450	440	440	440	430	430	415	400	390	380	350	320	300	280	
	R_{eL}	230	220	210	200	200	195	190	185	180	175	170	160	160	155	151	148	145	141	138	136	134	132	
	σ_R																							
	σ_{CH}																							
	R_m	550	463	463	463	462	462	460	460	458	456	453	450	445	440	435	430	410	404					
06Cr17Ni12Mo2	R_{eL}	220	176	170	170	169	169	165	160	155	150	145	140	138	135	132	130	128	125					
	σ_R																							
	σ_{CH}																		135	100	75			
	R_m	550	463	463	463	462	462	460	460	458	456	453	450	445	440	435	430	410	404					
	R_{eL}	220	176	170	170	169	169	165	160	155	150	145	140	138	135	132	130	128	125					
06Cr17Ni12Mn2Ti	σ_R																							
	σ_{CH}																							
	R_m	550	463	463	463	462	462	460	460	458	456	453	450	445	440	435	430	410	404					
	R_{eL}	220	176	170	170	169	169	165	160	155	150	145	140	138	135	132	130	128	125					
	σ_R																							
σ_{CH}																								
									</															

表 3-28 锻造阀门管件用材料的许用应力 (单位: MPa)

材料牌号	许用 应力	温度/℃																					
		20	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700
Q235 A	$[\sigma_w]$	95	90	88	85	80	75																
	$[\sigma_L]$	80	75	73	71	67	63																
	$[\tau]$	47.5	45	44	42.5	40	37.5																
	$[\sigma_w]$	110	105	100	95	90	85																
Q275	$[\sigma_L]$	92	88	84	80	75	71																
	$[\tau]$	55	52.5	50	47.5	45	42.5																
	$[\sigma_w]$	91	91	91	91	88	85	80	76	70	67	60	45	32	24								
	$[\sigma_L]$	76	76	76	76	73	71	67	63	58	56	50	37	26	20								
10	$[\tau]$	15.5	45.5	45.5	45.5	44	42.5	40	38	35	33.5	30	22.5	16	12								
	$[\sigma_w]$	110	110	110	110	108	103	95	90	84	79	74	56	40	30								
	$[\sigma_L]$	92	92	92	92	90	86	80	75	70	86	62	47	33	25								
	$[\tau]$	55	55	55	55	51.5	50.4	47.5	45	42	39.5	37	28	20	15								
20	$[\sigma_w]$	118	118	118	118	115	109	103	97	91	85	78	59	40	30								
	$[\sigma_L]$	98	98	98	98	96	91	86	81	76	71	65	49	33	25								
	$[\tau]$	59	59	59	59	59	54.5	51.5	48.5	45.5	42.5	39	29.5	20	15								
	$[\sigma_w]$	120	120	120	120	115	110	105	100	95	90	84	60	40	30								
25	$[\sigma_L]$	100	100	100	100	96	92	88	94	79	75	70	50	33	25								
	$[\tau]$	60	60	60	60	57.5	55	52.5	50	47.5	45	42	30	20	15								
	$[\sigma_w]$	130	130	130	130	120	117	115	110	106	100	92	60	40	30								
	$[\sigma_L]$	108	108	108	108	100	97	95	92	88	84	77	56	33	25								
35	$[\tau]$	65	65	65	65	60	58.5	57.5	55	53	50	46	30	20	15								
	$[\sigma_w]$	130	130	130	130	120	117	115	110	106	100	92	60	40	30								
	$[\sigma_L]$	108	108	108	108	100	97	95	92	88	84	77	56	33	25								
	$[\tau]$	65	65	65	65	60	58.5	57.5	55	53	50	46	30	20	15								

(续)

材料牌号	许用 应力	温度/℃															
		20	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550
		575	600	625	650	675	700	725	750	775	800	825	850	875	900	925	950
45	$[\sigma_w]$	135	135	135	135	135	135	130	125	110	92		49		31	20	
	$[\sigma_L]$	113	113	113	113	113	113	108	104	92	77		41		26	16.5	
	$[\tau]$	67.5	67.5	67.5	67.5	67.5	67.5	65	62.5	55	46		24.5		15.5	10	
	$[\sigma_w]$	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	116	114	110	90	64	44
15CrMo	$[\sigma_L]$	98	98	98	98	98	98	98	98	98	98	96	92	75	53	36	
	$[\tau]$	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	57	45	32	22	
	$[\sigma_w]$	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	110	93	71	55
	$[\sigma_L]$	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	92	77	58	45
12CrMoV	$[\tau]$	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	55	46.5	35.5	27.5
	$[\sigma_w]$	150	150	150	150	140	140	130	130	125	120	100	80	50	40		
	$[\sigma_L]$	125	125	125	125	117	117	108	108	105	100	84	66	42	34		
	$[\tau]$	75	75	75	75	70	70	65	65	62.5	60	50	40	25	20		
20CrMn	$[\sigma_w]$	150	150	150	150	150	150	145	145	145	145	140	120	90	56	45	32
	$[\sigma_L]$	125	125	125	125	125	125	121	121	121	121	117	98	76	47	38	27
	$[\tau]$	75	75	75	75	75	75	72.5	72.5	72.5	72.5	70	60	45	28	22.5	16
	$[\sigma_w]$	125	125	125	125	125	125	125	125	125	120	115	110	105	100	92	85
12Cr18Ni9	$[\sigma_L]$	105	105	105	105	105	105	105	105	105	100	96	93	89	84	78	71
	$[\tau]$	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	60	57.5	55	52.5	50	46	42.5
	$[\sigma_w]$	125	125	125	125	125	125	125	125	125	120	115	110	105	100	95	90
	$[\sigma_L]$	105	105	105	105	105	105	105	105	105	100	96	90	88	84	80	76
12Cr18Ni11Ti	$[\tau]$	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	60	57.5	55	52.5	50	47.5	45
	$[\sigma_w]$	125	125	125	125	125	125	125	125	125	120	115	110	105	100	95	90
	$[\sigma_L]$	105	105	105	105	105	105	105	105	105	100	96	90	88	84	80	76
	$[\tau]$	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	62.5	60	57.5	55	52.5	50	47.5	45
06Cr17Ni12Mo2 06Cr17Ni12Mn2Ti	$[\sigma_w]$	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	110	110	110	110	110
	$[\sigma_L]$	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	92	92	92	92	92
	$[\tau]$	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	57.5	55	55	55	55	55
	$[\sigma_w]$	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	110	110	110	110	110

3.3.2 阀体与阀盖连接的计算

阀体与阀盖的连接有法兰螺栓联接和螺纹联接两种，其适用于各种不同的介质、压力及温度，这样的连接形式在阀门中是十分普遍的。法兰螺栓联接由三个零件组成，即法兰、螺栓和垫片，这些零件的物理力学性能对法兰螺栓联接有很大的影响。在采用法兰螺栓联接阀门的工作条件中，介质压力和温度的变化对中法兰的设计有很大的影响，中法兰的设计必须保证阀门在一定的工作温度和工作压力下有足够的强度和密封性能。法兰螺栓联接的密封性能是用拧紧联接螺栓的螺母来保证的。计算时应确定的条件为：在阀门承受工作压力和工作温度时，应满足标准要求的由垫片或其他密封件的有效周边所限定的面积和螺栓总抗拉应力有效面积的比值。螺纹联接的阀盖是靠旋紧螺纹压紧垫片来保证在一定的工作压力和工作温度下的密封性能，因此，应满足标准要求的由垫片或其他密封件的有效周边所限定的面积和螺纹总抗剪应力有效面积的比值。

标准要求的计算式，应满足 GB/T 12224—2005 《钢制阀门 一般要求》的要求

(1) 用法兰螺栓或螺纹联接的阀体和阀盖组件 该组件是不直接承受管道负荷的组件。

1) 法兰螺栓联接的阀体和阀盖组件。如图 3-32 所示，法兰螺栓联接的螺纹应符合 GB/T 193—2003 《普通螺纹 直径与螺距系列》的规定，螺纹的公差与配合应符合 GB/T 197—2003 《普通螺纹 公差》的规定，联接螺栓的总横截面积应符合表 3-29 的要求。

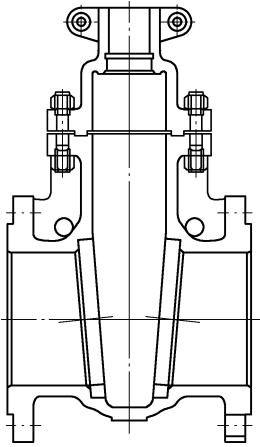


图 3-32 法兰螺栓联接的
阀体和阀盖组件

表 3-29 法兰螺栓联接的阀体和阀盖^① (S₁)

序 号	名 称	公式或索引
1	联接螺栓的总横截面积应符合	$bK \cdot PN \cdot \frac{A_g}{A_b} \leq 65.26S_a \leq 9000$ 或 $CL \cdot \frac{A_g}{A_b} \leq 65.26S_a \leq 9000$
2	系列 K	查表 3-30
3	阀门公称压力 PN	设计给定
4	由垫片或其他密封件的有效周边所限定的面积 A _g /mm ²	设计给定
5	螺栓总抗拉应力有效面积 A _b /mm ²	设计给定

(续)

序 号	名 称	公式或索引
6	螺栓在 38℃ 的许用应力 (当 $S_a \geq 138\text{MPa}$ 时用 138MPa) S_a/MPa	查表 3-26
7	压力等级数值 CL	设计给定

① 目前国内阀门连接端采用为内螺纹的 NPT (60°螺纹密封管螺纹), 低压公用工程也常使用 R/R_p (55°螺纹密封管螺纹)。使用 R/R_p (55°螺纹密封管螺纹) 时, 允许在密封副间添加密封填料。

表 3-30 系数 K 值表

公 称 压 力	16		25	40		63	100	160		320	
PN		20			50	67	110	150	260		420
CL	125	150	175	250	300	400	600	900	1500	1900	2500
K	1.3	1.25	1.16	1.04	1.0	1.0	0.91	1.0	0.97	1.0	1.0

2) 螺纹联接的阀体和阀盖组件。如图 3-33 所示, 螺纹的总抗剪切面积至少应满足表 3-31 的要求。

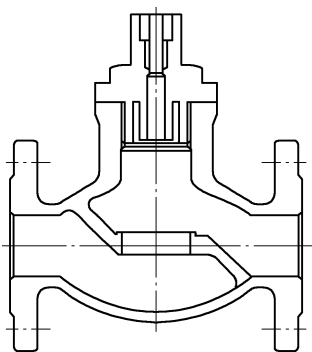


图 3-33 螺纹联接的阀体和阀盖组件

表 3-31 螺纹联接的阀体和阀盖 (S_2)

序 号	名 称	公式或索引
1	螺纹的总剪切面积应满足	$6K \cdot PN \cdot \frac{A_g}{A_s} \leq 4200$ $CL \cdot \frac{A_g}{A_s} \leq 4200$
2	系列 K	查表 3-30
3	由垫片或其他密封件的有效周边所限定的面积 A_g/mm^2	设计给定
4	公称压力 PN	设计给定
5	螺纹总抗剪有效面积 A_g/mm^2	设计给定
6	公称压力级 CL	设计给定

(2) 用螺栓或螺纹联接的阀体组件 该组件是承受管道机械负荷的, 由于管道系统的温度变化、压力波动等原因产生的机械力都要作用在阀门上, 所以设计中要充分考虑这些因素。

1) 法兰螺栓联接的阀体组件。如图 3-34 所示, 联接螺栓的横截面积应符合表 3-32 的要求。

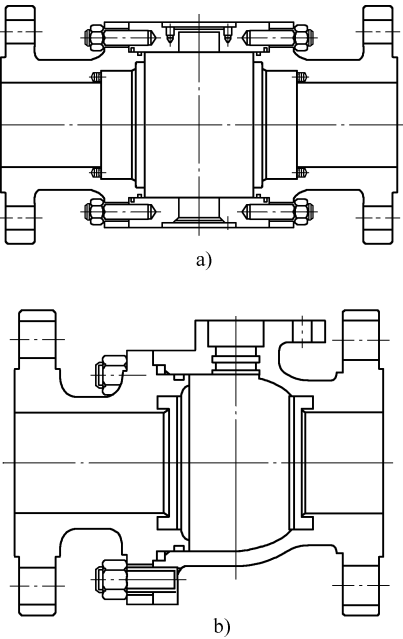


图 3-34 法兰螺栓联接的阀体组件
a) 三体式固定球阀 b) 两体式浮动球阀

表 3-32 法兰螺栓联接的阀体组件 (S_3)

序 号	名 称	公式或索引
1	联接螺栓的总截面积应符合	$6K \cdot PN \cdot \frac{A_g}{A_b} \leq 50.76S_a \leq 7000$ $CL \cdot \frac{A_g}{A_b} \leq 50.76S_a \leq 7000$
2	系列 K	查表 3-30
3	公称压力 PN	设计给定
4	由垫片或其他密封件的有效周边所限定的面积 A_g/mm^2	设计给定
5	螺栓总抗拉应力的有效面积 A_b/mm^2	设计给定
6	螺栓在 38°C 时的许用应力 S_a/MPa	查表 3-26, 当超过 138MPa 时, 使用 138MPa
7	公称压力级数值 CL	设计给定

2) 螺纹联接阀体组件。如图 3-35 所示, 螺纹的总剪切面积应符合表 3-33 的要求。

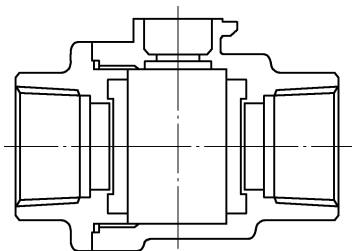


图 3-35 螺纹联接的阀体组件

表 3-33 螺纹联接的阀体组件 (S_4)

序 号	名 称	公式或索引
1	螺纹的总抗剪面积应符合	$6K \cdot PN \cdot \frac{A_g}{A_s} \leq 3300$ $CL \cdot \frac{A_g}{A_s} \leq 3300$
2	系列 K	查表 3-30
3	公称压力 PN	设计给定
4	由垫片或其他密封件的有效周边所限定的面积 A_g/mm^2	设计给定
5	螺栓总抗切应力有效面积 A_g/mm^2	设计给定
6	公称压力级数值 CL	设计给定

3.3.3 钢制中法兰的强度计算

确定螺栓的载荷后, 便可以进行中法兰的强度计算, 虽然法兰螺栓连接的结构简单, 但至今还没有统一的计算方法, 许多国家都有本国的计算标准或法规。我国 GB/T 17186—1997《钢制管法兰连接强度计算方法》规定了用于钢制管法兰的 A、B 两种强度计算方法。其中 A 法主要用于公称压力为 $PN20$ 、 $PN50$ 、 $PN110$ 、 $PN150$ 、 $PN260$ 及 $PN420$ 的钢制管法兰, B 法主要用于公称压力为 $PN2.5$ 、 $PN10$ 、 $PN16$ 、 $PN25$ 及 $PN40$ 的钢制管法兰。该标准适用于垫片在螺栓孔中心圆内侧的钢制圆形法兰, 不适用于椭圆形、方形等特殊法兰及垫片在螺栓孔中心圆外侧的圆形法兰。螺栓的数量应尽可能多, 以使密封更均匀可靠; 螺栓孔中心距与螺栓孔直径之比不应大于 5; 螺栓孔中心圆应尽可能小, 以减小弯矩; 螺栓数量至少应为 4 或 4 的倍数, 不应采用小于 M12 或螺纹根径与此相接近的螺栓;

螺栓的计算温度大于 300℃或标准压力大于 4.0MPa 时，最好采用弹性螺栓。

1. 常温时 A 法法兰的强度计算

(1) 法兰颈部的轴向应力（图 3-36 及表 3-34）

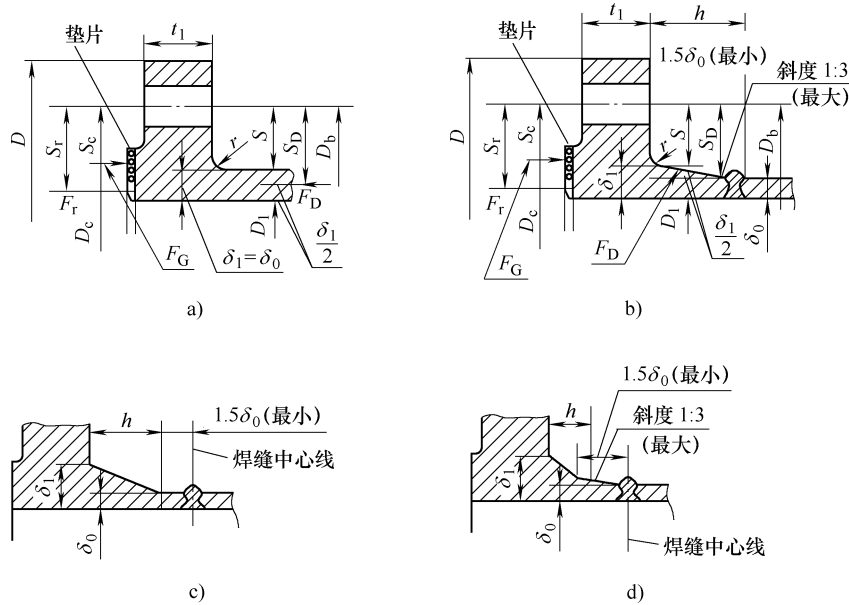


图 3-36 法兰结构形式和受力情况

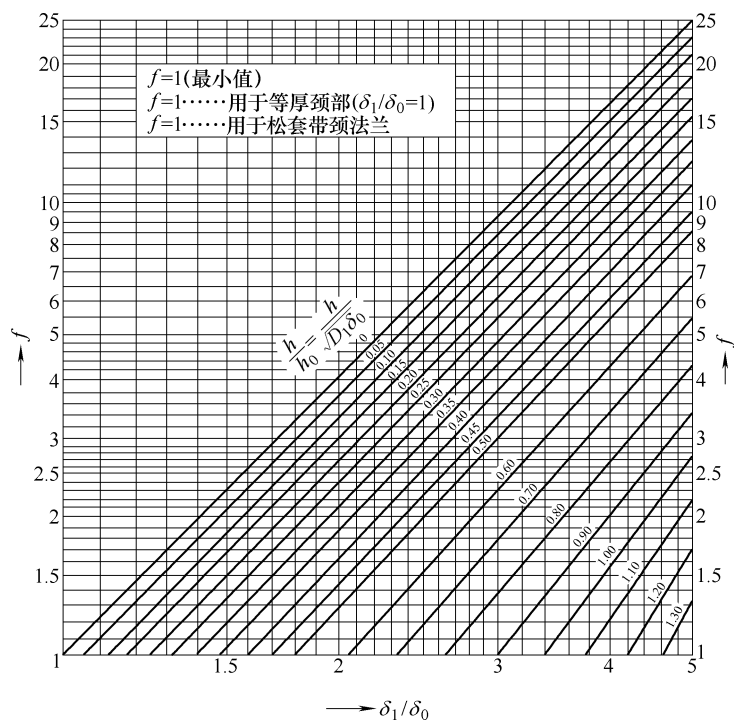
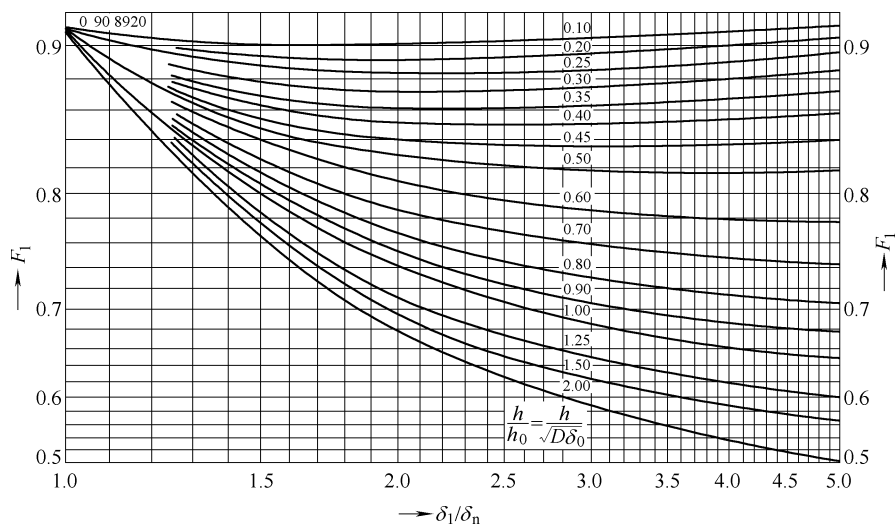
a) 整体法兰 b) 对焊法兰 c) 对焊法兰 d) 对焊法兰

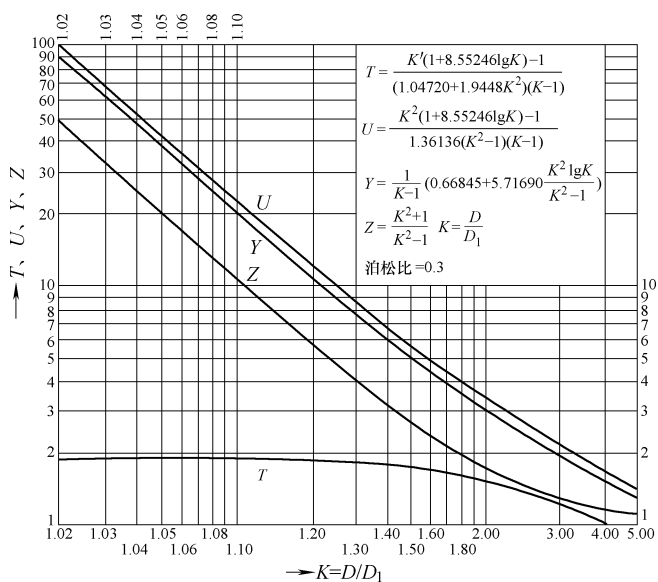
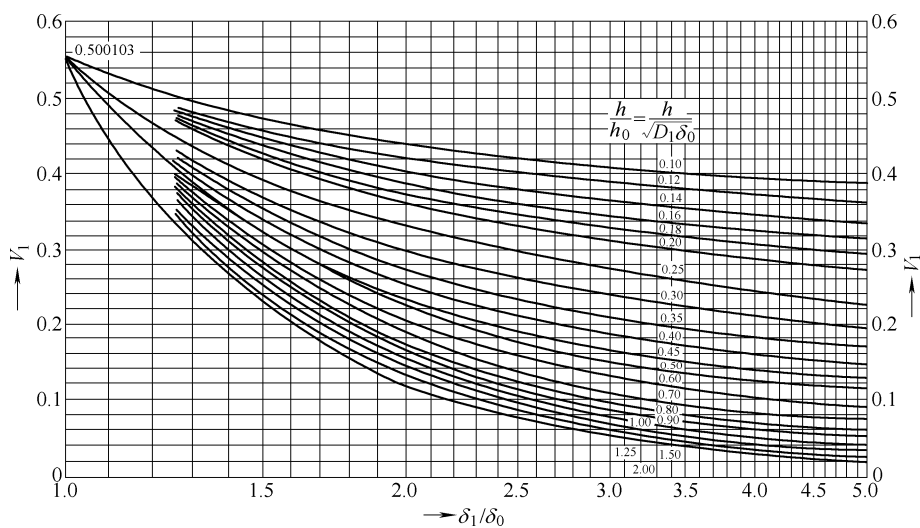
表 3-34 法兰颈部轴向应力（F₁）

序 号	名 称	公式或索引
1	法兰颈部轴向应力 σ_H /MPa	fT_s $\lambda\delta_1^2 D_i$
2	颈部应力校正系数 f	根据 $\frac{h}{\sqrt{D_i\delta_0}}$ 查图 3-37
3	法兰颈部高度 h /mm	设计给定
4	法兰内径 D_i /mm	设计给定
5	阀体中腔颈部壁厚 c_o /mm	设计给定
6	法兰设计力矩 $T_G/N \cdot mm$	取 T_a 与 T_p 之较大值
7	预紧状态下需要的法兰力矩 $T_a/N \cdot mm$	$L_a(D_b - D_G)/2$
8	预紧状态下需要的最小螺栓载荷 L_a/N	$3.14D_Gby$
9	垫片压紧力作用中心圆直径 D_G /mm	设计给定
10	垫片有效密封宽度 b /mm	当 $b_o \leq 6.4mm$ 时, $b = b_o$; 当 $b_o > 6.4mm$ 时, $b = 2.53 \sqrt{b_o}$
11	垫片基本密封宽度 b_o /mm	按参考文献[15] 中表 3-31 选取

(续)

序 号	名 称	公式或索引
12	垫片比压 y/MPa	按参考文献[15] 中表 3-32 选取
13	法兰螺栓孔中心圆直径 D_b/mm	设计给定
14	操作状态下需要的法兰力矩 $T_p/\text{N} \cdot \text{mm}$	$T_D + T_G + T_T$
15	由于内压施于法兰内径截面的轴向力所产生的力矩分量 $T_D/\text{N} \cdot \text{mm}$	$F_D S_D$
16	流体静压力作用在法兰内径截面上的轴向力 F_D/N	$0.785 D_i^2 p$
17	从螺栓中心圆到 F_D 作用位置处的径向距离 S_D	
18	设计内压力 p/MPa	取公称压力 PN 数值的 1/10
19	由于垫片压紧力而产生的力矩分量 $T_G/\text{N} \cdot \text{mm}$	$F_G S_G$
20	预紧状态下需要的垫片最小压紧力 F_G/N	$3.14 D_G b y$
21	从螺栓中心圆到 F_G 作用位置处的径向距离 S_G/mm	如图 3-36 所示
22	由于内压施于法兰的总轴向力与施于法兰内径截面的轴向力之差而产生的力矩分量 $T_T/\text{N} \cdot \text{mm}$	$F_T S_T$
23	流体静压总轴向力与作用于法兰内径截面上的轴向力之差 F_T/N	$F - F_D$
24	流体静压总轴向力 F/N	$0.785 D_G^2 p$
25	流体静压力作用在法兰内径截面上的轴向力 F_D/N	$0.785 D_i^2 p$
26	从螺栓中心圆到 F_T 作用位置处的径向距离 S_T/mm	如图 3-36 所示
27	系列 λ	$\frac{t_f e + 1}{T} + \frac{t_f^3}{d_1}$
28	法兰厚度 t_f/mm	设计给定
29	参数 e/mm^3	对于整体法兰 $\frac{F_1}{h_0}$
30	整体法兰的任意法兰系数 F_1	如图 3-38 所示
31	参数 h_0	$\sqrt{D_i \delta_0}$
32	由 $K \left(K = \frac{D}{D_i} \right)$ 值确定的系数 T	按图 3-39 选取, 或按表 3-35 选取
33	参数 d_1	对于整体法兰 $\frac{U}{V_1} h_0 \delta_0^2$
34	系数 U	由 $\left(K = \frac{D}{D_i} \right)$ 值确定, 按图 3-39 或表 3-35 选取
35	法兰外径 D	设计给定
36	系数 V_1	按图 3-40 或表 3-35 选取
37	法兰颈部大端有效厚度 δ_1	设计给定

图 3-37 f 值 (颈部应力校正系数)图 3-38 F_1 值 (整体法兰及作为整体法兰计算的任意法兰的系数)

图 3-39 T 、 U 、 Y 及 Z 的值 (含 K 的项)图 3-40 V_1 值 (整体法兰及作为整体法兰计算的任意法兰的系数)表 3-35 系数 T 、 U 、 Y 、 Z 、 K 值

K	T	Z	Y	U	K	T	Z	Y	U
1.001	1.91	1000.50	1899.43	2078.85	1.005	1.91	200.50	383.67	421.72
1.002	1.91	500.50	951.81	1052.80	1.006	1.91	167.17	319.71	351.42
1.003	1.91	333.83	637.56	700.80	1.007	1.91	143.36	274.11	301.30
1.004	1.91	250.50	478.04	525.45	1.008	1.91	125.50	239.95	263.75

(续)

<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>	<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>
1.009	1.91	111.61	213.40	234.42	1.042	1.90	24.32	46.71	51.33
1.010	1.91	100.50	192.19	211.19	1.043	1.90	23.77	45.64	50.15
1.011	1.91	91.41	174.83	192.13	1.044	1.90	23.23	44.64	49.05
1.012	1.91	83.84	160.38	176.25	1.045	1.90	22.74	43.69	48.08
1.013	1.91	77.43	148.06	162.81	1.046	1.90	22.05	42.75	46.99
1.014	1.91	71.93	137.69	151.30	1.047	1.90	21.79	41.87	46.03
1.015	1.91	67.17	128.61	141.33	1.048	1.90	21.35	41.02	45.09
1.016	1.90	63.00	120.56	132.49	1.049	1.90	20.92	40.21	44.21
1.017	1.90	59.33	111.98	124.81	1.050	1.89	20.51	39.43	43.34
1.018	1.90	56.06	107.36	118.00	1.051	1.89	20.12	38.68	42.51
1.019	1.90	53.14	101.72	111.78	1.052	1.89	19.71	37.96	41.73
1.020	1.90	50.51	96.73	106.30	1.053	1.89	19.38	37.27	40.96
1.021	1.90	48.12	92.21	101.33	1.054	1.89	19.03	36.60	40.23
1.022	1.90	45.96	88.04	96.75	1.055	1.89	18.69	35.96	39.64
1.023	1.90	43.98	84.30	92.64	1.056	1.89	18.38	35.34	38.84
1.024	1.90	42.17	80.81	88.81	1.057	1.89	18.06	34.74	38.19
1.025	1.90	40.51	77.61	85.29	1.058	1.89	17.76	34.17	37.56
1.026	1.90	38.97	74.70	82.09	1.059	1.89	17.47	33.62	36.95
1.027	1.90	37.54	71.97	79.08	1.060	1.89	17.18	33.06	36.34
1.028	1.90	36.22	69.43	76.30	1.061	1.89	16.91	32.55	35.78
1.029	1.90	34.99	67.11	73.75	1.062	1.89	16.64	32.04	35.21
1.030	1.90	33.84	64.91	71.33	1.063	1.89	16.40	31.55	34.68
1.031	1.90	32.76	62.85	69.06	1.064	1.89	16.15	31.08	34.17
1.032	1.90	31.76	60.92	66.94	1.065	1.89	15.90	30.61	33.65
1.033	1.90	30.81	59.11	63.95	1.066	1.89	15.67	30.17	33.17
1.034	1.90	29.92	57.41	63.08	1.067	1.89	15.45	29.74	32.69
1.035	1.90	29.08	55.80	61.32	1.068	1.89	15.22	29.32	32.22
1.036	1.90	28.29	54.29	59.66	1.069	1.89	15.02	28.91	31.79
1.037	1.90	27.54	52.85	58.08	1.070	1.89	14.80	28.51	31.34
1.038	1.90	26.83	51.50	56.59	1.071	1.89	14.61	28.13	30.92
1.039	1.90	26.15	50.21	55.17	1.072	1.89	14.41	27.76	30.51
1.040	1.90	25.51	48.97	53.82	1.073	1.89	14.22	27.39	30.11
1.041	1.90	24.90	47.81	53.10	1.074	1.88	14.04	27.04	29.72

(续)

<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>	<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>
1. 075	1. 88	13. 85	26. 69	29. 34	1. 108	1. 87	9. 78	18. 90	20. 77
1. 076	1. 88	13. 68	26. 36	28. 98	1. 109	1. 87	9. 70	18. 74	20. 59
1. 077	1. 88	13. 56	26. 03	28. 69	1. 110	1. 87	9. 62	18. 55	20. 38
1. 078	1. 88	13. 35	25. 72	28. 27	1. 111	1. 87	9. 54	18. 42	20. 25
1. 079	1. 88	13. 18	25. 40	27. 92	1. 112	1. 87	9. 46	18. 27	20. 08
1. 080	1. 88	13. 02	25. 10	27. 59	1. 113	1. 87	9. 38	18. 13	19. 91
1. 081	1. 88	12. 87	24. 81	27. 27	1. 114	1. 87	9. 30	17. 97	19. 75
1. 082	1. 88	12. 72	24. 52	26. 95	1. 115	1. 87	9. 22	17. 81	19. 55
1. 083	1. 88	12. 57	24. 24	26. 65	1. 116	1. 87	9. 15	17. 68	19. 43
1. 084	1. 88	12. 43	24. 00	26. 34	1. 117	1. 87	9. 07	17. 54	19. 27
1. 085	1. 88	12. 29	23. 69	26. 05	1. 118	1. 87	9. 00	17. 40	19. 12
1. 086	1. 88	12. 15	23. 44	25. 57	1. 119	1. 87	8. 94	17. 27	18. 98
1. 087	1. 88	12. 02	23. 18	25. 48	1. 120	1. 87	8. 86	17. 13	18. 80
1. 088	1. 88	11. 89	22. 93	25. 20	1. 121	1. 87	8. 79	17. 00	18. 68
1. 089	1. 88	11. 76	22. 68	24. 93	1. 122	1. 87	8. 72	16. 87	18. 54
1. 090	1. 88	11. 63	22. 44	24. 66	1. 123	1. 87	8. 66	16. 74	18. 40
1. 091	1. 88	11. 52	22. 22	24. 41	1. 124	1. 87	8. 59	16. 62	18. 26
1. 092	1. 88	11. 40	21. 99	24. 16	1. 125	1. 87	8. 53	16. 49	18. 11
1. 093	1. 88	11. 28	21. 76	23. 91	1. 126	1. 87	8. 47	16. 37	17. 99
1. 094	1. 88	11. 16	21. 54	23. 67	1. 127	1. 87	8. 40	16. 25	17. 86
1. 095	1. 88	11. 05	21. 32	23. 44	1. 128	1. 87	8. 34	16. 14	17. 73
1. 096	1. 88	10. 94	21. 11	23. 20	1. 129	1. 87	8. 28	16. 02	17. 60
1. 097	1. 88	10. 83	20. 91	22. 97	1. 130	1. 87	8. 22	15. 91	17. 48
1. 098	1. 88	10. 73	20. 71	22. 75	1. 131	1. 87	8. 16	15. 79	17. 35
1. 099	1. 88	10. 62	20. 51	22. 39	1. 132	1. 87	8. 11	15. 68	17. 24
1. 100	1. 88	10. 52	20. 31	22. 18	1. 133	1. 86	8. 05	15. 57	17. 11
1. 101	1. 88	10. 43	20. 15	22. 12	1. 134	1. 86	7. 99	15. 46	16. 99
1. 102	1. 88	10. 33	19. 94	21. 92	1. 135	1. 86	7. 94	15. 36	16. 90
1. 103	1. 88	10. 23	19. 76	21. 72	1. 136	1. 86	7. 88	15. 26	16. 77
1. 104	1. 88	10. 14	19. 58	21. 52	1. 137	1. 86	7. 83	15. 15	16. 65
1. 105	1. 88	10. 05	19. 38	21. 30	1. 138	1. 86	7. 78	15. 05	16. 54
1. 106	1. 88	9. 96	19. 33	21. 14	1. 139	1. 86	7. 73	14. 95	16. 43
1. 107	1. 87	9. 87	19. 07	20. 96	1. 140	1. 86	7. 68	14. 86	16. 35

(续)

<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>	<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>
1. 141	1. 86	7. 62	14. 76	16. 22	1. 174	1. 85	6. 29	12. 18	13. 39
1. 142	1. 86	7. 57	14. 66	16. 11	1. 175	1. 85	6. 25	12. 10	13. 30
1. 143	1. 86	7. 53	14. 57	16. 01	1. 176	1. 85	6. 22	12. 06	13. 25
1. 144	1. 86	7. 48	14. 48	15. 91	1. 177	1. 85	6. 19	12. 00	13. 18
1. 145	1. 86	7. 43	14. 39	15. 83	1. 178	1. 85	6. 16	11. 93	13. 11
1. 146	1. 86	7. 38	14. 29	15. 71	1. 179	1. 85	6. 13	11. 87	13. 05
1. 147	1. 86	7. 34	14. 20	15. 61	1. 180	1. 85	6. 10	11. 79	12. 96
1. 148	1. 86	7. 29	14. 12	15. 51	1. 181	1. 85	6. 07	11. 76	12. 92
1. 149	1. 86	7. 25	14. 03	15. 42	1. 182	1. 85	6. 04	11. 70	12. 86
1. 150	1. 86	7. 20	13. 95	15. 34	1. 183	1. 85	6. 01	11. 64	12. 79
1. 151	1. 86	7. 16	13. 86	15. 23	1. 184	1. 85	5. 98	11. 58	12. 73
1. 152	1. 86	7. 11	13. 77	15. 14	1. 185	1. 85	5. 95	11. 50	12. 64
1. 153	1. 86	7. 07	13. 09	15. 05	1. 186	1. 85	5. 92	11. 47	12. 61
1. 154	1. 86	7. 03	13. 61	14. 96	1. 187	1. 85	5. 89	11. 42	12. 54
1. 155	1. 86	6. 99	13. 54	14. 87	1. 188	1. 85	5. 86	11. 36	12. 49
1. 156	1. 86	6. 95	13. 45	14. 78	1. 189	1. 85	5. 83	11. 31	12. 43
1. 157	1. 86	6. 91	13. 37	14. 70	1. 190	1. 84	5. 81	11. 26	12. 37
1. 158	1. 86	6. 87	13. 30	14. 61	1. 191	1. 84	5. 78	11. 20	12. 31
1. 159	1. 86	6. 83	13. 22	14. 53	1. 192	1. 84	5. 75	11. 15	12. 25
1. 160	1. 86	6. 79	13. 15	14. 45	1. 193	1. 84	5. 73	11. 10	12. 20
1. 161	1. 85	6. 75	13. 07	14. 36	1. 194	1. 84	5. 70	11. 05	12. 14
1. 162	1. 85	6. 71	13. 00	14. 28	1. 195	1. 84	5. 67	11. 00	12. 08
1. 163	1. 85	6. 67	12. 92	14. 20	1. 196	1. 84	5. 65	10. 95	12. 03
1. 164	1. 85	6. 64	12. 85	14. 12	1. 197	1. 84	5. 62	10. 90	11. 97
1. 165	1. 85	6. 60	12. 78	14. 04	1. 198	1. 84	5. 60	10. 85	11. 92
1. 166	1. 85	6. 56	12. 71	13. 97	1. 199	1. 84	5. 57	10. 80	11. 87
1. 167	1. 85	6. 53	12. 64	13. 89	1. 200	1. 84	5. 55	10. 75	11. 81
1. 168	1. 85	6. 49	12. 58	13. 82	1. 201	1. 84	5. 52	10. 70	11. 76
1. 169	1. 85	6. 46	12. 51	13. 74	1. 202	1. 84	5. 50	10. 65	11. 71
1. 170	1. 85	6. 42	12. 43	13. 66	1. 203	1. 84	5. 47	10. 61	11. 66
1. 171	1. 85	6. 39	12. 38	13. 60	1. 204	1. 84	5. 45	10. 56	11. 61
1. 172	1. 85	6. 35	12. 31	13. 53	1. 205	1. 84	5. 42	10. 52	11. 56
1. 173	1. 85	6. 32	12. 25	13. 46	1. 206	1. 84	5. 40	10. 47	11. 51

(续)

<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>	<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>
1. 207	1. 84	5. 38	10. 43	11. 46	1. 240	1. 82	4. 72	9. 15	10. 05
1. 208	1. 84	5. 35	10. 38	11. 41	1. 241	1. 82	4. 70	9. 12	10. 02
1. 209	1. 84	5. 33	10. 34	11. 36	1. 242	1. 82	4. 69	9. 08	9. 98
1. 210	1. 84	5. 31	10. 30	11. 32	1. 243	1. 82	4. 67	9. 05	9. 95
1. 211	1. 83	5. 29	10. 25	11. 27	1. 244	1. 82	4. 65	9. 02	9. 91
1. 212	1. 83	5. 27	10. 21	11. 22	1. 245	1. 82	4. 64	8. 99	9. 87
1. 213	1. 83	5. 24	10. 16	11. 17	1. 246	1. 82	4. 62	8. 95	9. 84
1. 214	1. 83	5. 22	10. 12	11. 12	1. 247	1. 82	4. 60	8. 92	9. 81
1. 215	1. 83	5. 20	10. 09	11. 09	1. 248	1. 82	4. 59	8. 89	9. 77
1. 216	1. 83	5. 18	10. 04	11. 03	1. 249	1. 82	4. 57	8. 86	9. 74
1. 217	1. 83	5. 16	10. 00	10. 99	1. 250	1. 82	4. 56	8. 83	9. 70
1. 218	1. 83	5. 14	9. 96	10. 94	1. 251	1. 82	4. 54	8. 80	9. 67
1. 219	1. 83	5. 12	9. 92	10. 90	1. 252	1. 82	4. 52	8. 77	9. 64
1. 220	1. 83	5. 10	9. 89	10. 87	1. 253	1. 82	4. 51	8. 74	9. 60
1. 221	1. 83	5. 07	9. 84	10. 81	1. 254	1. 82	4. 49	8. 71	9. 57
1. 222	1. 83	5. 05	9. 80	10. 77	1. 255	1. 82	4. 48	8. 68	9. 54
1. 223	1. 83	5. 03	9. 76	10. 73	1. 256	1. 82	4. 46	8. 65	9. 51
1. 224	1. 83	5. 01	9. 72	10. 68	1. 257	1. 82	4. 45	8. 62	9. 47
1. 225	1. 83	5. 00	9. 69	10. 65	1. 258	1. 81	4. 43	8. 59	9. 44
1. 226	1. 83	4. 98	9. 65	10. 60	1. 259	1. 81	4. 42	8. 56	9. 41
1. 227	1. 83	4. 96	9. 61	10. 56	1. 260	1. 81	4. 40	8. 53	9. 38
1. 228	1. 83	4. 94	9. 57	10. 52	1. 261	1. 81	4. 39	8. 51	9. 35
1. 229	1. 83	4. 92	9. 53	10. 48	1. 262	1. 81	4. 37	8. 49	9. 32
1. 230	1. 83	4. 90	9. 50	10. 44	1. 263	1. 81	4. 36	8. 45	9. 28
1. 231	1. 83	4. 88	9. 46	10. 40	1. 264	1. 81	4. 35	8. 42	9. 25
1. 232	1. 83	4. 86	9. 43	10. 36	1. 265	1. 81	4. 33	8. 39	9. 23
1. 233	1. 83	4. 84	9. 39	10. 32	1. 266	1. 81	4. 32	8. 37	9. 19
1. 234	1. 83	4. 83	9. 36	10. 28	1. 267	1. 81	4. 30	8. 34	9. 16
1. 235	1. 83	4. 81	9. 32	10. 24	1. 268	1. 81	4. 29	8. 31	9. 14
1. 236	1. 82	4. 79	9. 29	10. 20	1. 269	1. 81	4. 28	8. 29	9. 11
1. 237	1. 82	4. 77	9. 25	10. 17	1. 270	1. 81	4. 26	8. 26	9. 08
1. 238	1. 82	4. 76	9. 22	10. 13	1. 271	1. 81	4. 25	8. 23	9. 05
1. 239	1. 82	4. 74	9. 18	10. 09	1. 272	1. 81	4. 24	8. 21	9. 02

(续)

<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>	<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>
1. 273	1. 81	4. 22	8. 18	8. 99	1. 306	1. 80	3. 83	7. 42	8. 16
1. 274	1. 81	4. 21	8. 15	8. 96	1. 307	1. 80	3. 82	7. 40	8. 13
1. 275	1. 81	4. 20	8. 13	8. 93	1. 308	1. 79	3. 81	7. 38	8. 11
1. 276	1. 81	4. 18	8. 11	8. 91	1. 309	1. 79	3. 80	7. 36	8. 09
1. 277	1. 81	4. 17	8. 08	8. 88	1. 310	1. 79	3. 79	7. 34	8. 07
1. 278	1. 81	4. 16	8. 05	8. 85	1. 311	1. 79	3. 78	7. 32	8. 05
1. 279	1. 81	4. 15	8. 03	8. 82	1. 312	1. 79	3. 77	7. 30	8. 02
1. 280	1. 81	4. 13	8. 01	8. 79	1. 313	1. 79	3. 76	7. 28	8. 00
1. 281	1. 81	4. 12	7. 98	8. 77	1. 314	1. 79	3. 75	7. 26	7. 98
1. 282	1. 81	4. 11	7. 96	8. 74	1. 315	1. 79	3. 74	7. 24	7. 96
1. 283	1. 80	4. 10	7. 93	8. 71	1. 316	1. 79	3. 73	7. 22	7. 94
1. 284	1. 80	4. 08	7. 91	8. 69	1. 317	1. 79	3. 72	7. 20	7. 92
1. 285	1. 80	4. 07	7. 89	8. 66	1. 318	1. 79	3. 71	7. 18	7. 89
1. 286	1. 80	4. 06	7. 86	8. 64	1. 319	1. 79	3. 70	7. 16	7. 87
1. 287	1. 80	4. 05	7. 84	8. 61	1. 320	1. 79	3. 69	7. 14	7. 85
1. 288	1. 80	4. 04	7. 81	8. 59	1. 321	1. 79	3. 68	7. 12	7. 83
1. 289	1. 80	4. 02	7. 79	8. 56	1. 322	1. 79	3. 67	7. 10	7. 81
1. 290	1. 80	4. 01	7. 77	8. 53	1. 323	1. 79	3. 67	7. 09	7. 79
1. 291	1. 80	4. 00	7. 75	8. 51	1. 324	1. 79	3. 66	7. 07	7. 77
1. 292	1. 80	3. 99	7. 72	8. 48	1. 325	1. 79	3. 65	7. 05	7. 75
1. 293	1. 80	3. 98	7. 70	8. 46	1. 326	1. 79	3. 64	7. 03	7. 73
1. 294	1. 80	3. 97	7. 68	8. 43	1. 327	1. 79	3. 63	7. 01	7. 71
1. 295	1. 80	3. 95	7. 66	8. 41	1. 328	1. 78	3. 62	7. 00	7. 69
1. 296	1. 80	3. 94	7. 63	8. 39	1. 329	1. 78	3. 61	6. 98	7. 67
1. 297	1. 80	3. 93	7. 61	8. 36	1. 330	1. 78	3. 60	6. 96	7. 65
1. 298	1. 80	3. 92	7. 59	8. 33	1. 331	1. 78	3. 59	6. 94	7. 63
1. 299	1. 80	3. 91	7. 57	8. 31	1. 332	1. 78	3. 58	6. 92	7. 61
1. 300	1. 80	3. 90	7. 55	8. 29	1. 333	1. 78	3. 57	6. 91	7. 59
1. 301	1. 80	3. 89	7. 53	8. 27	1. 334	1. 78	3. 57	6. 89	7. 57
1. 302	1. 80	3. 88	7. 50	8. 24	1. 335	1. 78	3. 56	6. 87	7. 55
1. 303	1. 80	3. 87	7. 48	8. 22	1. 336	1. 78	3. 55	6. 85	7. 53
1. 304	1. 80	3. 86	7. 46	8. 20	1. 337	1. 78	3. 54	6. 84	7. 51
1. 305	1. 80	3. 84	7. 44	8. 18	1. 338	1. 78	3. 53	6. 82	7. 50

(续)

<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>	<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>
1. 339	1. 78	3. 52	6. 81	7. 48	1. 372	1. 77	3. 27	6. 30	6. 91
1. 340	1. 78	3. 51	6. 79	7. 46	1. 373	1. 77	3. 26	6. 28	6. 90
1. 341	1. 78	3. 51	6. 77	7. 44	1. 374	1. 77	3. 25	6. 27	6. 89
1. 342	1. 78	3. 50	6. 76	7. 42	1. 375	1. 77	3. 25	6. 25	6. 87
1. 343	1. 78	3. 49	6. 74	7. 41	1. 376	1. 77	3. 24	6. 24	6. 86
1. 344	1. 78	3. 48	6. 72	7. 39	1. 377	1. 77	3. 23	6. 22	6. 84
1. 345	1. 78	3. 47	6. 71	7. 37	1. 378	1. 76	3. 22	6. 21	6. 82
1. 346	1. 78	3. 46	6. 69	7. 35	1. 379	1. 76	3. 22	6. 19	6. 81
1. 347	1. 78	3. 46	6. 68	7. 33	1. 380	1. 76	3. 21	6. 18	6. 80
1. 348	1. 78	3. 45	6. 66	7. 32	1. 381	1. 76	3. 20	6. 17	6. 79
1. 349	1. 78	3. 44	6. 65	7. 30	1. 382	1. 76	3. 20	6. 16	6. 77
1. 350	1. 78	3. 43	6. 63	7. 28	1. 383	1. 76	3. 19	6. 14	6. 75
1. 351	1. 78	3. 42	6. 61	7. 27	1. 384	1. 76	3. 18	6. 13	6. 74
1. 352	1. 78	3. 42	6. 60	7. 25	1. 385	1. 76	3. 18	6. 12	6. 73
1. 353	1. 77	3. 41	6. 58	7. 23	1. 386	1. 76	3. 17	6. 11	6. 72
1. 354	1. 77	3. 40	6. 57	7. 21	1. 387	1. 76	3. 16	6. 10	6. 70
1. 355	1. 77	3. 39	6. 55	7. 19	1. 388	1. 76	3. 16	6. 08	6. 68
1. 356	1. 77	3. 38	6. 53	7. 17	1. 389	1. 76	3. 15	6. 07	6. 67
1. 357	1. 77	3. 38	6. 52	7. 16	1. 390	1. 76	3. 15	6. 06	6. 66
1. 358	1. 77	3. 37	6. 50	7. 14	1. 391	1. 76	3. 14	6. 05	6. 64
1. 359	1. 77	3. 36	6. 49	7. 12	1. 392	1. 76	3. 13	6. 04	6. 63
1. 360	1. 77	3. 35	6. 47	7. 11	1. 393	1. 76	3. 13	6. 02	6. 61
1. 361	1. 77	3. 35	6. 45	7. 09	1. 394	1. 76	3. 12	6. 01	6. 60
1. 362	1. 77	3. 34	6. 44	7. 08	1. 395	1. 76	3. 11	6. 00	6. 59
1. 363	1. 77	3. 33	6. 42	7. 06	1. 396	1. 76	3. 11	5. 99	6. 58
1. 364	1. 77	3. 32	6. 40	7. 04	1. 397	1. 76	3. 10	5. 98	6. 56
1. 365	1. 77	3. 32	6. 39	7. 03	1. 398	1. 75	3. 10	5. 96	6. 55
1. 366	1. 77	3. 31	6. 38	7. 01	1. 399	1. 75	3. 09	5. 95	6. 53
1. 367	1. 77	3. 30	6. 37	7. 00	1. 400	1. 75	3. 08	5. 94	6. 52
1. 368	1. 77	3. 30	6. 35	6. 98	1. 401	1. 75	3. 08	5. 93	6. 50
1. 369	1. 77	3. 29	6. 34	6. 97	1. 402	1. 75	3. 07	5. 92	6. 49
1. 370	1. 77	3. 28	6. 32	6. 95	1. 403	1. 75	3. 07	5. 90	6. 47
1. 371	1. 77	3. 27	6. 31	6. 93	1. 404	1. 75	3. 06	5. 89	6. 46

(续)

<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>	<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>
1. 405	1. 75	3. 05	5. 88	6. 45	1. 438	1. 74	2. 87	5. 52	6. 05
1. 406	1. 75	3. 05	5. 87	6. 44	1. 439	1. 74	2. 87	5. 51	6. 04
1. 407	1. 75	3. 04	5. 86	6. 43	1. 440	1. 74	2. 86	5. 50	6. 03
1. 408	1. 75	3. 04	5. 84	6. 41	1. 441	1. 74	2. 86	5. 49	6. 02
1. 409	1. 75	3. 03	5. 83	6. 40	1. 442	1. 74	2. 85	5. 48	6. 01
1. 410	1. 75	3. 02	5. 82	6. 39	1. 443	1. 74	2. 85	5. 47	6. 00
1. 411	1. 75	3. 02	5. 81	6. 38	1. 444	1. 74	2. 84	5. 46	5. 99
1. 412	1. 75	3. 01	5. 80	6. 37	1. 445	1. 74	2. 84	5. 45	5. 98
1. 413	1. 75	3. 01	5. 78	6. 35	1. 446	1. 74	2. 83	5. 44	5. 97
1. 414	1. 75	3. 00	5. 77	6. 34	1. 447	1. 73	2. 83	5. 43	5. 96
1. 415	1. 75	3. 00	5. 76	6. 33	1. 448	1. 73	2. 82	5. 42	5. 95
1. 416	1. 75	2. 99	5. 75	6. 32	1. 449	1. 73	2. 82	5. 41	5. 94
1. 417	1. 75	2. 98	5. 74	6. 31	1. 450	1. 73	2. 81	5. 40	5. 93
1. 418	1. 75	2. 98	5. 72	6. 29	1. 451	1. 73	2. 81	5. 39	5. 92
1. 419	1. 75	2. 97	5. 71	6. 28	1. 452	1. 73	2. 80	5. 38	5. 91
1. 420	1. 75	2. 97	5. 70	6. 27	1. 453	1. 73	2. 80	5. 37	5. 90
1. 421	1. 75	2. 96	5. 69	6. 26	1. 454	1. 73	2. 80	5. 36	5. 89
1. 422	1. 75	2. 96	5. 68	6. 25	1. 455	1. 73	2. 79	5. 35	5. 88
1. 423	1. 75	2. 95	5. 67	6. 23	1. 456	1. 73	2. 79	5. 34	5. 87
1. 424	1. 74	2. 95	5. 66	6. 22	1. 457	1. 73	2. 78	5. 33	5. 86
1. 425	1. 74	2. 94	5. 65	6. 21	1. 458	1. 73	2. 78	5. 32	5. 85
1. 426	1. 74	2. 94	5. 64	6. 20	1. 459	1. 73	2. 77	5. 31	5. 84
1. 427	1. 74	2. 93	5. 63	6. 19	1. 460	1. 73	2. 77	5. 30	5. 83
1. 428	1. 74	2. 92	5. 62	6. 17	1. 461	1. 73	2. 76	5. 29	5. 82
1. 429	1. 74	2. 92	5. 61	6. 16	1. 462	1. 73	2. 76	5. 28	5. 80
1. 430	1. 74	2. 91	5. 60	6. 15	1. 463	1. 73	2. 75	5. 27	5. 79
1. 431	1. 74	2. 91	5. 59	6. 14	1. 464	1. 73	2. 75	5. 26	5. 78
1. 432	1. 74	2. 90	5. 58	6. 13	1. 465	1. 73	2. 74	5. 25	5. 77
1. 433	1. 74	2. 90	5. 57	6. 11	1. 466	1. 73	2. 74	5. 24	5. 76
1. 434	1. 74	2. 89	5. 56	6. 10	1. 467	1. 73	2. 74	5. 23	5. 74
1. 435	1. 74	2. 89	5. 55	6. 09	1. 468	1. 72	2. 73	5. 22	5. 73
1. 436	1. 74	2. 88	5. 54	6. 08	1. 469	1. 72	2. 73	5. 21	5. 72
1. 437	1. 74	2. 88	5. 53	6. 07	1. 470	1. 72	2. 72	5. 20	5. 71

(续)

<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>	<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>
1. 471	1. 72	2. 72	5. 19	5. 70	1. 504	1. 71	2. 58	4. 93	5. 42
1. 472	1. 72	2. 71	5. 18	5. 69	1. 505	1. 71	2. 58	4. 92	5. 41
1. 473	1. 72	2. 71	5. 18	5. 68	1. 506	1. 71	2. 58	4. 91	5. 40
1. 474	1. 72	2. 71	5. 17	5. 67	1. 507	1. 71	2. 57	4. 90	5. 39
1. 475	1. 72	2. 70	5. 16	5. 66	1. 508	1. 71	2. 57	4. 90	5. 39
1. 476	1. 72	2. 70	5. 15	5. 65	1. 509	1. 71	2. 57	4. 89	5. 38
1. 477	1. 72	2. 69	5. 14	5. 64	1. 510	1. 71	2. 56	4. 88	5. 37
1. 478	1. 72	2. 69	5. 14	5. 63	1. 511	1. 71	2. 56	4. 87	5. 36
1. 479	1. 72	2. 68	5. 13	5. 62	1. 512	1. 71	2. 56	4. 86	5. 35
1. 480	1. 72	2. 68	5. 12	5. 61	1. 513	1. 71	2. 55	4. 86	5. 35
1. 481	1. 72	2. 68	5. 11	5. 60	1. 514	1. 71	2. 55	4. 85	5. 34
1. 482	1. 72	2. 67	5. 10	5. 59	1. 515	1. 71	2. 54	4. 84	5. 33
1. 483	1. 73	2. 67	5. 10	5. 59	1. 516	1. 71	2. 54	4. 83	5. 32
1. 484	1. 72	2. 66	5. 09	5. 58	1. 517	1. 71	2. 54	4. 82	5. 31
1. 485	1. 72	2. 66	5. 08	5. 57	1. 518	1. 71	2. 53	4. 82	5. 31
1. 486	1. 72	2. 66	5. 07	5. 56	1. 519	1. 70	2. 53	4. 81	5. 30
1. 487	1. 72	2. 65	5. 06	5. 55	1. 520	1. 70	2. 53	4. 80	5. 29
1. 488	1. 72	2. 65	5. 06	5. 55	1. 521	1. 70	2. 52	4. 79	5. 28
1. 489	1. 72	2. 64	5. 05	5. 54	1. 522	1. 70	2. 52	4. 79	5. 27
1. 490	1. 72	2. 64	5. 04	5. 53	1. 523	1. 70	2. 52	4. 78	5. 27
1. 491	1. 72	2. 64	5. 03	5. 52	1. 524	1. 70	2. 51	4. 78	5. 26
1. 492	1. 72	2. 63	5. 02	5. 51	1. 525	1. 70	2. 51	4. 77	5. 25
1. 493	1. 71	2. 63	5. 02	5. 51	1. 526	1. 70	2. 51	4. 77	5. 24
1. 494	1. 71	2. 62	5. 01	5. 50	1. 527	1. 70	2. 50	4. 76	5. 23
1. 495	1. 71	2. 62	5. 00	5. 49	1. 528	1. 70	2. 50	4. 76	5. 23
1. 496	1. 71	2. 62	4. 99	5. 48	1. 529	1. 70	2. 49	4. 75	5. 22
1. 497	1. 71	2. 61	4. 98	5. 47	1. 530	1. 70	2. 49	4. 74	5. 21
1. 498	1. 71	2. 61	4. 98	5. 47	1. 531	1. 70	2. 49	4. 73	5. 20
1. 499	1. 71	2. 60	4. 97	5. 46	1. 532	1. 70	2. 48	4. 72	5. 19
1. 500	1. 71	2. 60	4. 96	5. 45	1. 533	1. 70	2. 48	4. 72	5. 19
1. 501	1. 71	2. 60	4. 95	5. 44	1. 534	1. 70	2. 48	4. 71	5. 17
1. 502	1. 71	2. 59	4. 94	5. 43	1. 535	1. 70	2. 47	4. 70	5. 17
1. 503	1. 71	2. 59	4. 94	5. 43	1. 536	1. 70	2. 47	4. 69	5. 16

(续)

<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>	<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>
1. 537	1. 70	2. 47	4. 68	5. 15	1. 570	1. 68	2. 37	4. 48	4. 92
1. 538	1. 69	2. 46	4. 68	5. 15	1. 571	1. 68	2. 36	4. 47	4. 91
1. 539	1. 69	2. 46	4. 67	5. 14	1. 572	1. 68	2. 36	4. 47	4. 91
1. 540	1. 69	2. 46	4. 66	5. 13	1. 573	1. 68	2. 36	4. 46	4. 90
1. 541	1. 69	2. 45	4. 66	5. 12	1. 574	1. 68	2. 35	4. 46	4. 89
1. 542	1. 69	2. 45	4. 65	5. 11	1. 575	1. 68	2. 35	4. 45	4. 89
1. 543	1. 69	2. 45	4. 64	5. 11	1. 576	1. 68	2. 35	4. 44	4. 88
1. 544	1. 69	2. 45	4. 64	5. 10	1. 577	1. 68	2. 35	4. 44	4. 88
1. 545	1. 69	2. 44	4. 63	5. 09	1. 578	1. 68	2. 34	4. 43	4. 87
1. 545	1. 69	2. 44	4. 63	5. 08	1. 579	1. 68	2. 34	4. 42	4. 86
1. 547	1. 69	2. 44	4. 62	5. 07	1. 580	1. 68	2. 34	4. 42	4. 86
1. 548	1. 69	2. 43	4. 62	5. 07	1. 582	1. 68	2. 34	4. 41	4. 85
1. 549	1. 69	2. 43	4. 61	5. 06	1. 584	1. 67	2. 33	4. 40	4. 83
1. 550	1. 69	2. 43	4. 60	5. 05	1. 586	1. 67	2. 33	4. 39	4. 82
1. 551	1. 69	2. 42	4. 60	5. 05	1. 588	1. 67	2. 32	4. 37	4. 81
1. 552	1. 69	2. 42	4. 59	5. 04	1. 590	1. 67	2. 32	4. 36	4. 79
1. 553	1. 69	2. 42	4. 58	5. 03	1. 592	1. 67	2. 31	4. 35	4. 78
1. 554	1. 69	2. 41	4. 58	5. 03	1. 594	1. 67	2. 31	4. 34	4. 77
1. 555	1. 69	2. 41	4. 57	5. 02	1. 596	1. 67	2. 30	4. 33	4. 76
1. 556	1. 69	2. 41	4. 57	5. 02	1. 598	1. 66	2. 29	4. 32	4. 75
1. 557	1. 69	2. 40	4. 56	5. 01	1. 600	1. 66	2. 28	4. 31	4. 73
1. 558	1. 69	2. 40	4. 56	5. 00	1. 605	1. 66	2. 27	4. 28	4. 71
1. 559	1. 69	2. 40	4. 55	4. 99	1. 610	1. 66	2. 26	4. 25	4. 67
1. 560	1. 69	2. 40	4. 54	4. 99	1. 615	1. 66	2. 25	4. 23	4. 64
1. 561	1. 69	2. 39	4. 54	4. 98	1. 620	1. 66	2. 24	4. 20	4. 61
1. 562	1. 69	2. 39	4. 53	4. 97	1. 625	1. 66	2. 22	4. 17	4. 59
1. 563	1. 68	2. 39	4. 52	4. 97	1. 630	1. 65	2. 20	4. 15	4. 56
1. 564	1. 68	2. 38	4. 51	4. 96	1. 635	1. 65	2. 19	4. 12	4. 53
1. 565	1. 68	2. 38	4. 51	4. 95	1. 640	1. 65	2. 18	4. 10	4. 51
1. 566	1. 68	2. 38	4. 50	4. 95	1. 645	1. 65	2. 17	4. 08	4. 48
1. 567	1. 68	2. 37	4. 50	4. 94	1. 650	1. 65	2. 16	4. 05	4. 45
1. 568	1. 68	2. 37	4. 49	4. 93	1. 655	1. 64	2. 15	4. 03	4. 43
1. 569	1. 68	2. 37	4. 48	4. 92	1. 660	1. 64	2. 14	4. 01	4. 40

(续)

<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>	<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>
1.665	1.64	2.13	3.98	4.38	1.960	1.52	1.71	3.05	3.35
1.670	1.64	2.12	3.96	4.35	1.970	1.52	1.70	3.03	3.33
1.675	1.64	2.11	3.94	4.33	1.980	1.51	1.69	3.01	3.30
1.680	1.63	2.10	3.92	4.31	1.990	1.51	1.68	2.98	3.28
1.685	1.62	2.09	3.90	4.27	2.000	1.51	1.67	2.96	3.26
1.690	1.62	2.08	3.87	4.26	2.020	1.50	1.65	2.92	3.21
1.695	1.62	2.07	3.85	4.24	2.040	1.49	1.63	2.88	3.17
1.700	1.62	2.06	3.83	4.21	2.060	1.48	1.62	2.85	3.13
1.710	1.62	2.04	3.80	4.17	2.080	1.48	1.60	2.81	3.09
1.720	1.61	2.02	3.75	4.10	2.100	1.47	1.59	2.77	3.05
1.730	1.61	2.00	3.72	4.08	2.120	1.46	1.58	2.74	3.01
1.740	1.61	1.99	3.68	4.04	2.140	1.46	1.56	2.71	2.97
1.750	1.60	1.97	3.64	4.00	2.160	1.45	1.55	2.67	2.94
1.760	1.60	1.95	3.61	3.96	2.180	1.44	1.54	2.64	2.90
1.770	1.60	1.94	3.57	3.93	2.200	1.43	1.52	2.61	2.87
1.780	1.60	1.92	3.54	3.88	2.220	1.43	1.51	2.58	2.84
1.790	1.59	1.91	3.51	3.85	2.240	1.42	1.50	2.56	2.81
1.800	1.59	1.89	3.48	3.82	2.260	1.41	1.49	2.53	2.78
1.810	1.58	1.88	3.44	3.76	2.280	1.41	1.48	2.50	2.75
1.820	1.57	1.87	3.41	3.75	2.300	1.40	1.47	2.48	2.72
1.830	1.56	1.86	3.38	3.70	2.320	1.40	1.46	2.45	2.69
1.840	1.56	1.83	3.35	3.69	2.340	1.39	1.45	2.43	2.67
1.850	1.56	1.82	3.32	3.66	2.360	1.38	1.44	2.40	2.64
1.860	1.56	1.81	3.30	3.62	2.380	1.38	1.43	2.38	2.61
1.870	1.55	1.80	3.27	3.59	2.400	1.37	1.42	2.36	2.59
1.880	1.55	1.79	3.24	3.57	2.420	1.36	1.41	2.38	2.57
1.890	1.55	1.78	3.22	3.54	2.440	1.36	1.40	2.31	2.54
1.900	1.55	1.77	3.20	3.51	2.460	1.35	1.39	2.29	2.52
1.910	1.54	1.76	3.17	3.48	2.480	1.35	1.38	2.27	2.49
1.920	1.54	1.75	3.14	3.46	2.500	1.34	1.38	2.25	2.47
1.930	1.53	1.74	3.12	3.43	2.520	1.33	1.37	2.23	2.45
1.940	1.53	1.73	3.10	3.40	2.540	1.33	1.37	2.21	2.43
1.950	1.52	1.72	3.07	3.38	2.560	1.32	1.36	2.19	2.41

(续)

<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>	<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>
2.580	1.32	1.35	2.17	2.39	3.600	1.08	1.17	1.58	1.74
2.600	1.31	1.35	2.16	2.37	3.650	1.07	1.16	1.56	1.72
2.620	1.30	1.34	2.14	2.35	3.700	1.06	1.16	1.54	1.70
2.640	1.30	1.34	2.13	2.33	3.750	1.05	1.15	1.53	1.68
2.660	1.29	1.33	2.11	2.31	3.800	1.04	1.15	1.51	1.66
2.680	1.28	1.32	2.09	2.29	3.850	1.04	1.14	1.50	1.64
2.700	1.28	1.32	2.07	2.28	3.900	1.03	1.14	1.48	1.63
2.720	1.28	1.31	2.06	2.26	3.950	1.02	1.14	1.46	1.61
2.740	1.28	1.31	2.04	2.24	4.000	1.01	1.13	1.45	1.59
2.760	1.27	1.30	2.03	2.22	4.050	1.00	1.13	1.43	1.57
2.780	1.26	1.30	2.01	2.21	4.100	0.99	1.13	1.42	1.56
2.800	1.25	1.29	2.00	2.20	4.150	0.98	1.12	1.40	1.54
2.820	1.25	1.29	1.99	2.18	4.200	0.97	1.12	1.39	1.53
2.840	1.25	1.28	1.97	2.17	4.250	0.97	1.11	1.38	1.52
2.860	1.24	1.28	1.96	2.15	4.300	0.96	1.11	1.37	1.50
2.880	1.23	1.27	1.94	2.13	4.350	0.96	1.11	1.35	1.49
2.900	1.22	1.27	1.93	2.12	4.400	0.95	1.11	1.34	1.47
2.920	1.22	1.27	1.92	2.11	4.450	0.95	1.11	1.33	1.46
2.940	1.22	1.26	1.91	2.09	4.500	0.94	1.10	1.31	1.44
2.960	1.21	1.26	1.89	2.08	4.550	0.93	1.10	1.30	1.43
2.980	1.21	1.25	1.88	2.06	4.600	0.92	1.10	1.29	1.42
3.000	1.20	1.25	1.87	2.05	4.650	0.91	1.10	1.28	1.39
3.050	1.19	1.24	1.84	2.02	4.700	0.91	1.09	1.27	1.39
3.100	1.18	1.23	1.81	1.99	4.750	0.91	1.09	1.26	1.38
3.150	1.17	1.22	1.78	1.96	4.800	0.90	1.09	1.25	1.37
3.200	1.16	1.22	1.76	1.94	4.850	0.90	1.09	1.24	1.36
3.250	1.15	1.21	1.74	1.91	4.900	0.89	1.09	1.23	1.35
3.300	1.14	1.20	1.71	1.89	4.950	0.88	1.08	1.22	1.34
3.350	1.13	1.20	1.69	1.85	5.000	0.88	1.08	1.21	1.33
3.400	1.11	1.19	1.67	1.83	5.050	0.87	1.08	1.20	1.32
3.450	1.10	1.18	1.65	1.81	5.100	0.86	1.08	1.19	1.30
3.500	1.10	1.18	1.63	1.79	5.150	0.86	1.08	1.18	1.30
3.550	1.09	1.17	1.61	1.76	5.200	0.85	1.08	1.17	1.29

(续)

<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>	<i>K</i>	<i>T</i>	<i>Z</i>	<i>Y</i>	<i>U</i>
5. 250	0. 85	1. 08	1. 16	1. 28	6. 000	0. 77	1. 06	1. 05	1. 15
5. 300	0. 84	1. 07	1. 15	1. 27	6. 500	0. 73	1. 05	0. 99	1. 08
5. 350	0. 83	1. 07	1. 14	1. 26	7. 000	0. 71	1. 04	0. 93	1. 03
5. 400	0. 83	1. 07	1. 13	1. 25	7. 500	0. 67	1. 04	0. 89	0. 98
5. 450	0. 82	1. 07	1. 13	1. 24	8. 000	0. 63	1. 03	0. 85	0. 93
5. 500	0. 82	1. 07	1. 12	1. 23	8. 500	0. 61	1. 03	0. 81	0. 89
5. 550	0. 81	1. 07	1. 12	1. 22	9. 000	0. 59	1. 03	0. 77	0. 85
5. 600	0. 81	1. 07	1. 11	1. 21	9. 500	0. 56	1. 02	0. 75	0. 82
5. 650	0. 81	1. 06	1. 10	1. 21	10. 000	0. 54	1. 02	0. 71	0. 79
5. 700	0. 80	1. 06	1. 09	1. 20	10. 500	0. 52	1. 02	0. 69	0. 76
5. 750	0. 80	1. 06	1. 08	1. 19	11. 000	0. 51	1. 02	0. 67	0. 73
5. 800	0. 79	1. 06	1. 08	1. 18	11. 500	0. 49	1. 01	0. 65	0. 71
5. 850	0. 79	1. 06	1. 07	1. 18	12. 000	0. 48	1. 01	0. 63	0. 69
5. 900	0. 78	1. 06	1. 06	1. 17	12. 500	0. 46	1. 01	0. 61	0. 66
5. 950	0. 78	1. 06	1. 06	1. 16					

(2) 法兰环的径向应力（表 3-36 及图 3-36）

表 3-36 法兰环的径向应力（ F_2 ）

序 号	名 称	公式或索引
1	法兰环的径向应力 σ_R/MPa	$\frac{(1.33t_f e + 1) M_o}{\lambda t_f^2 D_i}$
2	法兰厚度 t_f/mm	设计给定
3	参数 e/mm^3	对于整体法兰 $\frac{F_1}{h_o}$
4	整体法兰的任意法兰系数 F_1	如图 3-38 所示
5	参数 h_o/mm	$\sqrt{D_i \delta_o}$
6	法兰内径 D_i/mm	设计给定
7	阀体中腔颈部壁厚 δ_o/mm	设计给定
8	法兰设计力矩 $T_G/\text{N} \cdot \text{mm}$	取 M_a 与 M_p 之较大值
9	预紧状态下需要的法兰力矩 $T_a/\text{N} \cdot \text{mm}$	$L_a (D_b - D_G) / 2$
10	预紧状态下需要的最小螺栓载荷 L_a/N	$3.14 D_G b y$
11	垫片压紧力作用中心圆直径 D_G/mm	设计给定
12	垫片有效密封密度 b/mm	当 $b_o \leq 6.4\text{mm}$ 时, $b = b_o$; 当 $b_o > 6.4\text{mm}$ 时, $b = 2.53 \sqrt{b_o}$
13	垫片基本密封密度 b_o/mm	按参考文献[15] 中表 3-31 选取
14	垫片比压 y/MPa	按参考文献[15] 中表 3-32 选取

(续)

序 号	名 称	公式或索引
15	法兰螺栓孔中心圆直径 D_b/mm	设计给定
16	操作状态下需要的法兰力矩 $T_p/\text{N} \cdot \text{mm}$	$T_D + T_C + T_T$
17	由于内压施于法兰内径截面的轴向力所产生的力矩分量 $T_D/\text{N} \cdot \text{mm}$	$F_D S_D$
18	流体静压力作用在法兰内径截面上的轴向力 F_D/N	$0.785 D_i^2 p$
19	设计压力 p/MPa	取公称压力 P_N 数值的 1/10
20	从螺栓中心圆到 F_D 作用位置处的径向距离 S_D/mm	如图 3-36 所示
21	由垫片压紧力而产生的力矩分量 $T_C/\text{N} \cdot \text{mm}$	$F_C S_C$
22	预紧状态下需要的垫片最小压紧力 F_C/N	$3.14 D_C b y$
23	从螺栓中心圆到 F_C 作用位置处的径向距离 S_C/mm	如图 3-36 所示
24	由于内压施于法兰的总轴向力与施于法兰内径截面的轴向力之差而产生的力矩分量 $T_T/\text{N} \cdot \text{mm}$	$F_T S_T$
25	流体静压总轴向力与作用于法兰内径截面上的轴向力之差 F_T/N	$F - F_D$
26	流体静压总轴向力 F/N	$0.785 D_o^2 p$
27	流体静压力作用在法兰内径截面上的轴向力 F_D/N	$0.785 D_i^2 p$
28	从螺栓中心圆到 F_T 作用位置处的径向距离 S_T	如图 5-135 所示
29	系数 λ	$\frac{t_f e + 1}{T} + \frac{t_f^3}{d_i}$
30	法兰厚度 t_f/mm	设计给定
31	参数 e/mm^3	对于整体法兰 $\frac{F_i}{h_o}$
32	整体法兰的任意法兰系数 F_i	如图 3-38 所示
33	参数 h_o/mm	$\sqrt{D_i \delta_o}$
34	由 $K \left(K = \frac{D}{D_i} \right)$ 值确定的系数 T	按图 3-39 选取, 或按表 3-35 选取
35	参数 d_i/mm^3	对于整体法兰 $\frac{U}{V} h_o \delta_o^2$
36	系数 U	由 $K \left(K = \frac{D}{D_i} \right)$ 值确定, 按图 3-39 选取, 或按表 3-35 选取
37	法兰外径 D/mm	设计给定
38	系数 V_i	按图 3-40 选取

(3) 法兰环的环向应力 (表 3-37 及图 3-36)

表 3-37 法兰环的环向应力 (F_3)

序 号	名 称	公式或索引
1	法兰环的环向应力 σ_T/MPa	$\frac{YT_C}{t_f D_i} - Z\sigma_R$
2	由 $K \left(K = \frac{D}{D_i} \right)$ 值确定的系数 Y	按图 3-39 或表 3-35 选取
3	法兰外径 D/mm	设计给定
4	法兰内径 D_i/mm	设计给定
5	法兰设计力矩 $T_C/\text{N} \cdot \text{mm}$	取 T_a 与 T_p 之较大者
6	预紧状态下需要的法兰力矩 $T_S/\text{N} \cdot \text{mm}$	$L_a (D_b - D_G) / 2$
7	预紧状态下需要的最小螺栓截荷 L_a/N	$3.14 D_G b y$
8	垫片压紧力作用中心圆直径 D_G/mm	设计给定
9	垫片有效密封宽度 b/mm	当 $b_o \leq 6.4\text{mm}$ 时, $b = b_o$; 当 $b_o > 6.4\text{mm}$ 时, $b = 2.53 \sqrt{b_o}$
10	垫片基本密封宽度 b_o/mm	按参考文献[15] 中表 3-31 选取
11	垫片比压力 y/MPa	按参考文献[15] 中表 3-32 选取
12	法兰螺栓孔中心圆直径 D_b/mm	设计给定
13	操作状态下需要的法兰力矩 $T_p/\text{N} \cdot \text{mm}$	$T_D + T_C + T_T$
14	由于内压施于法兰内径截面的轴向力所产生的力矩分量 T_D/N	$F_D S_D$
15	流体静压力作用在法兰内径截面上的轴向力 F_D/N	$0.785 D_i^2 p$
16	设计压力 p/MPa	取公称压力 P_N 数值的 1/10
17	从螺栓中心圆到 F_D 作用位置处的径向距离 S_D/mm	如图 3-36 所示
18	由垫片压紧力而产生的力矩分量 $T_C/\text{N} \cdot \text{mm}$	$F_G S_G$
19	预紧状态下需要的垫片最小压力 F_G/N	$3.14 D_G b y$
20	从螺栓中心圆到 F_G 作用位置处的径向距离 S_G/mm	如图 3-36 所示
21	由于内压施于法兰的总轴向力与施于法兰内径截面的轴向力之差而产生的力矩分量 $T_T/\text{N} \cdot \text{mm}$	$F_T S_T$
22	流体静压总轴向力与作用于法兰内径截面上的轴向力之差 F_T/N	$F - F_D$
23	流体静压总轴向力 F/N	$0.785 D_G^2 p$
24	流体静压力作用在法兰内径截面上的轴向力 F_D/N	$0.785 D_i^2 p$
25	从螺栓中心圆到 F_T 作用位置处的径向距离 S_T/mm	如图 3-36 所示
26	法兰厚度 t_f/mm	设计给定
27	由 $K \left(K = \frac{D}{D_i} \right)$ 值确定的系数 Z	按图 3-39 或表 3-35 选取
28	法兰环的径向应力 σ_R/MPa	见表 3-36

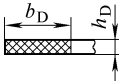
2. 常温时 B 法法兰的强度计算

(1) 预紧状态下法兰力矩（见表 3-38 及图 3-36 所示）

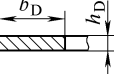
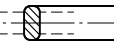
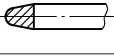
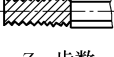
表 3-38 预紧状态下法兰力矩（ F_4 ）

序 号	名 称	公式或索引
1	预紧状态下需要的法兰力矩 $T_S/\text{N} \cdot \text{mm}$	LS_G
2	预紧状态下螺栓的设计载荷 L/N	$\frac{A_m + A_b}{2} [\sigma_L]$
3	需要的螺栓总截面积 A_m/mm^2	取 A_a 与 A_p 中的较大者
4	预紧状态下需要的最小螺栓总截面积 A_a/mm^2	$L_a/[\sigma_L]$
5	预紧状态下需要的最小螺栓载荷 L_a/N	$3.14D_GK_oK_D$
6	垫片平均直径 D_G/mm	如图 3-36 所示
7	预紧垫片系数 K_o/mm	见表 3-39
8	常温下垫片材料的变形阻力 K_D/MPa	见表 3-40
9	常温下螺栓材料的许用应力 $[\sigma_L]/\text{MPa}$	见参考文献[15] 中表 3-9
10	操作状态下需要的最小螺栓总截面积 A_p/mm^2	$L_p/[\sigma_L]^t$
11	操作状态下需要的最小螺栓载荷 L_p/N	$\gamma(0.785D_G^2p + 3.14D_GK_1pf_s)$
12	垫片比压 γ/MPa	按参考文献[15] 中表 3-32 选取
13	设计压力 p/MPa	取公称压力 PN 数值的 1/10
14	操作垫片系数 K_1/mm	见表 3-39
15	密封安全系数 f_s	取 1.2
16	设计温度下螺栓材料的许用应力 $[\sigma_L]^t/\text{MPa}$	见参考文献[15] 中表 3-9
17	实际使用的螺栓总截面积 A_b/mm^2	$0.785d_k^2n$
18	实际选用的螺栓螺纹小径 d_k/mm	设计给定
19	螺栓数量 $n/\text{个}$	设计给定
20	力臂 s_G/mm	按表 3-41 选取

表 3-39 垫片系数

垫片 种类	垫片形状	名 称	材 料	垫片系数 ^①					
				用于液体			用于气体和蒸汽		
				预紧状态	操作	状态 k_1/mm	预紧状态	操作	状态 k_1/mm
				k_o /mm	$k_o \cdot K_D^{(2)}$ /(N/mm)		k_o /mm	$k_o \cdot K_D^{(2)}$ /(N/mm)	
非金属 垫片		平垫片	浸渍过的 密封纸板		$20b_p$	b_D	—	—	—
			橡胶	—	b_e	$0.5b_D$	—	$2b_D$	$0.5b_D$
			PTFE ^③	—	$20b_D$	$1.1b_D$	—	$25b_D$	$1.1b_D$
			石棉	—	$15b_D$	b_D	—	$200\sqrt{\frac{b_D}{h_D}}$	$1.3b_D$
			包覆 PTFE 的石棉垫片	—	$12b_D$	$0.8b_D$	—	$12b_D$	$0.8b_D$

(续)

垫片种类	垫片形状	名称	材料	垫片系数 ^①					
				用于液体			用于气体和蒸汽		
				预紧状态		操作状态 k_1/mm	预紧状态		操作状态 k_1/mm
				k_o /mm	$k_o \cdot K_D^{(2)}$ /(N/mm)		k_o /mm	$k_o \cdot K_D^{(2)}$ /(N/mm)	
金属与非金属组合垫片		石棉金属缠绕垫片	非合金钢	—	$15b_D$	b_D	—	$50b_D$	$1.3b_D$
		波纹垫片	铝	—	$8b_D$	$0.6b_D$	—	$30b_D$	$0.6b_D$
			铜、黄铜	—	$9b_D$	$0.6b_D$	—	$35b_D$	$0.7b_D$
			软钢	—	$10b_D$	$0.6b_D$	—	$45b_D$	$1b_D$
		金属包覆石棉垫片	铝	—	$10b_D$	b_D	—	$50b_D$	$1.4b_D$
			铜、黄铜	—	$20b_D$	b_D	—	$60b_D$	$1.6b_D$
			软钢	—	$40b_D$	b_D	—	$70b_D$	$1.8b_D$
金属垫片		金属平垫片	—	$0.8b_D$	—	$b_D + 5$	b_D	—	$b_D + 5$
		环形金属垫片	—	1.6	—	6	2	—	6
		金属透镜垫片	—	1.6	—	6	2	—	6
	 $Z = \text{齿数}$	齿形垫片	—	$0.4\sqrt{Z}$	—	$9 + 0.2Z$	$0.5\sqrt{Z}$	—	$9 + 0.2Z$

① 适用于经加工的，平坦和无损伤的密封面。

② 没有给出 K_D 时，用 $k_o \cdot K_D$ 的乘积。

③ 聚四氟乙烯。

表 3-40 金属垫片材料的变形阻力 K_D 和 K_{Dt} (单位: MPa)

垫片材料	K_D	K_{Dt}				
		100℃	200℃	300℃	400℃	500℃
软铝	100	40	20	(5)	—	—
铜	200	180	130	100	(40)	—
软铁	350	310	260	210	170	(80)
低碳钢	400	380	330	260	190	(120)
合金钢	450	450	420	390	330	280
奥氏体钢	500	480	450	420	390	350

注：中间值可用内插法。

表 3-41 操作状态下法兰载荷力臂 (单位: mm)

法兰形式	S_D	S_T	S_G
高颈法兰 整体法兰	$0.5 (D_b - D_i - \delta_0)$	$0.5 \left(D_b - \frac{D_i + D_G}{2} \right)$	$0.5 (D_b - D_G)$
焊接法兰	$0.5 (D_b - D_i - t_n)$	$0.5 \left(D_b - \frac{D_i + D_G}{2} \right)$	$0.5 (D_b - D_G)$
松套法兰	$0.5 (D_b - D_i)$	$0.5 (D_b - D_G)$	$0.5 (D_b - D_G)$

(2) 操作状态下法兰力矩 (见表 3-42 及如图 3-36 所示)

表 3-42 操作状态下法兰力矩 (F_5)

序 号	名 称	公式或索引
1	操作状态下法兰力矩 $T_p/N \cdot mm$	$F_D \cdot S_D + F_T \cdot S_T + F_G \cdot S_G$
2	流体静压力作用在法兰内径截面上的轴向力 F_D/N	$0.785 D_i^2 p$
3	法兰内径 D_i/mm	设计给定
4	设计压力 p/MPa	取公称压力 PN 数值的 1/10
5	力臂 S_D/mm	按表 3-41 整体法兰计算
6	流体静压总轴向力与作用于法兰内径截面上的轴向力之差 F_T/N	$F - F_D$
7	流体静压总轴向力 F/N	$0.785 D_G^2 p$
8	垫片平均直径 D_G/mm	如图 3-36 所示
9	力臂 S_T/mm	按表 3-41 整体法兰计算
10	预紧状态下需要的最小垫片压紧力 F_G/N	$3.14 D_G K_o K_D$
11	预紧垫片系数 K_o/mm	按表 3-39 选取
12	常温下垫片材料的变形阻力 K_D	按表 3-40 选取

(3) 强度条件 在预紧或操作状态下, 法兰力矩在每一截面上引起的应力必须满足表 3-43 和表 3-44 的强度条件。

表 3-43 法兰在预紧状态下必须满足的强度条件 (F_6)

序号	名 称	公式或索引
1	在预紧状态下, 法兰力矩在每一截面上引起的应力必须满足 σ_a/MPa	$\frac{M_a}{W} \leq [\sigma_L]_t$
2	预紧状态下需要的法兰力矩 $T_S/N \cdot mm$	见表 3-38
3	法兰抗弯截面系数 W/mm^3	
3. 1	危险截面 A-A 的法兰抗弯截面系数 W_{A-A}/mm^3	$\frac{\pi}{4} [(D - D_i - 2d'_b) t_f^2 + (D_i + \delta_1)(\delta_1^2 - \delta_0^2)]$

(续)

序号	名 称	公式或索引
3.1.1	法兰外径 D/mm	设计给定
3.1.2	法兰内径 D_i/mm	设计给定
3.1.3	螺栓孔计算直径 d'_b/mm	设计给定
3.1.4	法兰厚度 t_f/mm	设计给定
3.1.5	法兰颈部大端有效厚度 δ_1/mm	设计给定
3.1.6	法兰颈部小端有效厚度 δ_0/mm	设计给定
3.2	危险截面 $B-B$ 的法兰抗弯截面系数 W_{B-B}/mm^2	$\pi \left[(D - D_i - 2d'_b) e^2 + \frac{1}{4} (D_i + \delta_0) (\delta_0^2 + t_s^2) \right]$
3.2.1	重心距离 e/mm	按机械设计手册确定
3.2.2	按管计算厚度 t_s/mm	设计给定
4	常温下法兰材料许用应力 $[\sigma_L]_t/\text{MPa}$	见参考文献[15] 中表 3-9

表 3-44 在操作温度下必须满足的强度条件 (F_7)

序 号	名 称	公式或索引
1	操作状态下, 法兰力矩在每一截面引起的应力必须满足的强度条件 σ_p/MPa	$\frac{M_p}{W} \leq [\sigma_L]_t$
2	操作状态下需要的法兰力矩 $T_p/\text{N} \cdot \text{mm}$	见表 3-42
3	法兰抗弯截面系数 W/mm^3	
3.1	危险截面 $A-A$ 的法兰抗弯截面系数 W_{A-A}/mm^3	$\frac{\pi}{4} [(D - D_i - 2d'_b) t_f^2 + (D_i + \delta_1) (\delta_1^2 - \delta_0^2)]$
3.1.1	法兰外径 D/mm	设计给定
3.1.2	法兰内径 D_i/mm	设计给定
3.1.3	螺栓孔计算直径 d'_b/mm	设计给定
3.1.4	法兰厚度 t_f/mm	设计给定
3.1.5	法兰颈部大端有效厚度 δ_1/mm	设计给定
3.1.6	法兰颈部小端有效厚度 δ_0/mm	设计给定
3.2	危险截面 $B-B$ 的法兰抗弯截面系数 W_{B-B}/mm^3	$\pi \left[(D - D_i - 2d'_b) e^2 + \frac{1}{4} (D_i + \delta_0) (\delta_0^2 + t_s^2) \right]$
3.2.1	重心距离 e/mm	按机械手册确定
3.2.2	按管计算厚度 t_s/mm	设计给定
4	设计温度下法兰材料的许用应力 $[\sigma_L]_t/\text{MPa}$	见参考文献[15] 中表 3-9

3.3.4 阀盖厚度的计算

阀盖厚度的计算方法与它的形状有关。

平板阀盖一般用于工作压力不高的止回阀上, 可分为圆形和非圆形两类。圆形平板阀盖的计算如下:

(1) 中国计算法 如图 3-41 所示, 按垫片的不同结构又可分为三种。

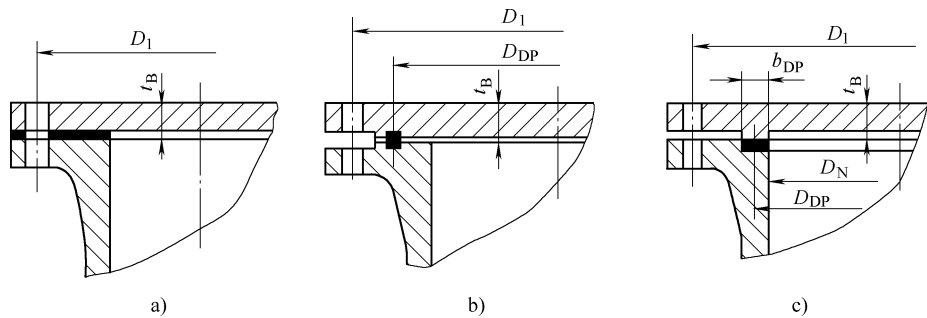


图 3-41 平板阀盖的结构（中国）

a) I型平板阀盖（平法兰垫片） b) II型平板阀盖（榫槽法兰垫片） c) III型平板阀盖（凹凸法兰垫片）

1) I 型平板阀盖。其厚度的计算见表 3-45 及如图 5-140 所示。

表 3-45 I 型平板阀盖厚度（I₁）

序 号	名 称	公式或索引
1	阀盖厚度 t_B/mm	$D_1 \sqrt{\frac{0.162p}{[\sigma_w]}} + C$
2	螺栓孔中心圆直径 D_1/mm	设计给定
3	设计压力 p/MPa	取公称压力 PN 数值的 1/10
4	附加裕量 C/mm	见表 5-79
5	材料许用弯曲应力 $[\sigma_w]/\text{MPa}$	见表 3-3

2) II、III 型平板阀盖。其厚度的计算见表 3-46 及如图 3-41 所示。

表 3-46 II、III 型平板阀盖厚度（I₂）

序 号	名 称	公式或索引
1	阀盖厚度 t_B/mm	$D_1 \sqrt{\frac{K \cdot p}{[\sigma_w]}} + C$
2	螺栓孔中心圆直径 D_1/mm	设计给定
3	系数 K	当用软垫片时: $0.3 + \frac{1.4F_{LZ}l}{F_{DJ} \cdot D_{DP}}$ 当用金属垫片时: $0.3 + \frac{ZF_{LZ}l}{F_{DJ} \cdot D_{DP}}$
4	螺栓的总作用力 F_{LZ}/N	见表 5-116
5	垫片处的介质静压力 F_{DJ}/N	见表 5-115
6	垫片的平均直径 D_{DP}/mm	设计给定
7	力臂 l/mm	$\frac{D_1 - D_{DP}}{2}$
8	设计压力 p/MPa	取公称压力 PN 数值的 1/10
9	附加裕量 C/mm	见表 3-20
10	材料许用弯曲应力 $[\sigma_w]/\text{MPa}$	见表 3-26

(2) 欧洲计算式 如图 3-42 所示, 按垫片的不同结构形式又可分为两种。

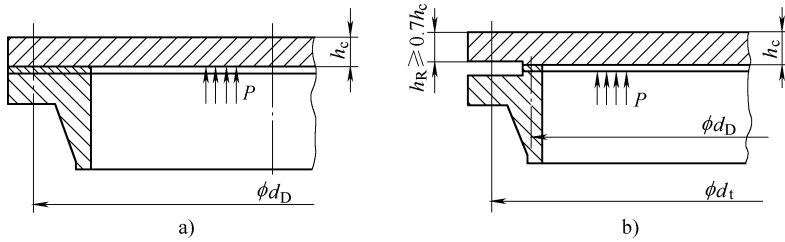


图 3-42 平板阀盖的结构 (欧洲)

a) 全平面垫片 (螺栓穿过垫片) b) 凸面法兰垫片 (螺栓不穿过垫片)

1) 全平面垫片平板阀盖。其厚度的计算见表 3-47 及如图 3-42 所示。

表 3-47 全平面垫片平板阀盖厚度 (I_3)

序 号	名 称	公式或索引
1	平板阀盖壁厚 h_e/mm	$C_x C_y C_z d_D \sqrt{\frac{p}{f}} + C_1 + C_2$
2	取决于直径不同比率的计算系数 C_x	取 1.0
3	取决于直径不同比率的计算系数 C_y	取 1.0
4	取决于直径不同比率的计算系数 C_z	取 0.35
5	螺栓孔中心圆直径 d_D/mm	设计给定
6	设计压力 p/MPa	取公称压力 PN 数值的 1/10
7	公称设计应力 f/MPa	见参考文献[15] 中表 3-14 ~ 表 3-16
8	允许的制造偏差 C_1/mm	设计给定
9	腐蚀裕量 C_2/mm	对于铁素体, 铁素体-马氏体钢取 1mm 对于全部其他钢取 0

2) 凸面法兰垫片平板阀盖。其厚度的计算见表 3-48 及如图 3-42 所示。

表 3-48 凸面法兰垫片平板阀盖厚度 (I_4)

序 号	名 称	公式或索引
1	阀盖厚度 h_e/mm	$C_x C_y C_z d_D \sqrt{\frac{p}{f}} + C_1 + C_2$
2	取决于直径不同比率的计算系数 C_x	取 1.0
3	计算系数 C_y	如图 3-43 所示根据 δ 和 d_t/d_D 比值选取
4	螺栓力对压力的比值 δ	$1 + 4 \frac{mb_D S_D}{d_D}$
5	垫片系数 m	见参考文献[15]
6	垫片宽度 b_D/mm	设计给定
7	操作条件系数 S_D	取 1.2
8	垫片平均直径 d_D/mm	如图 3-42 所示设计给定
9	计算系数 C_z	取 1.0
10	螺栓孔中心圆直径 d_t/mm	设计给定
11	设计压力 p/MPa	取公称压力 PN 数值的 1/10

(续)

序 号	名 称	公式或索引
12	公称设计应力 f/MPa	按参考文献[15] 中表 3-14 ~ 表 3-16 选取
13	允许的制造偏差 C_1/mm	设计给定
14	腐蚀裕量 C_2/mm	对于铁素体, 铁素体-马氏体钢取 1mm 对于其他钢取 0mm

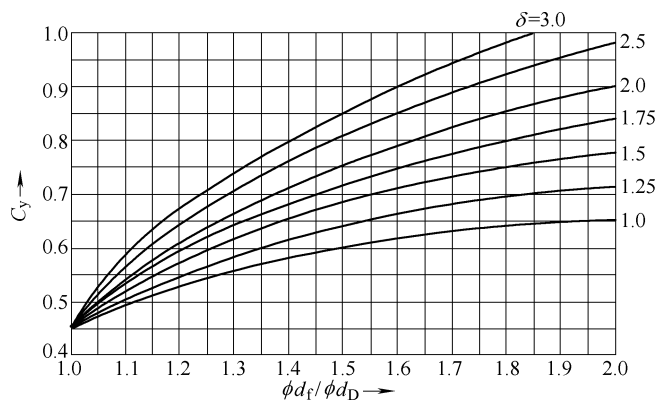


图 3-43 带材和板材的计算系数

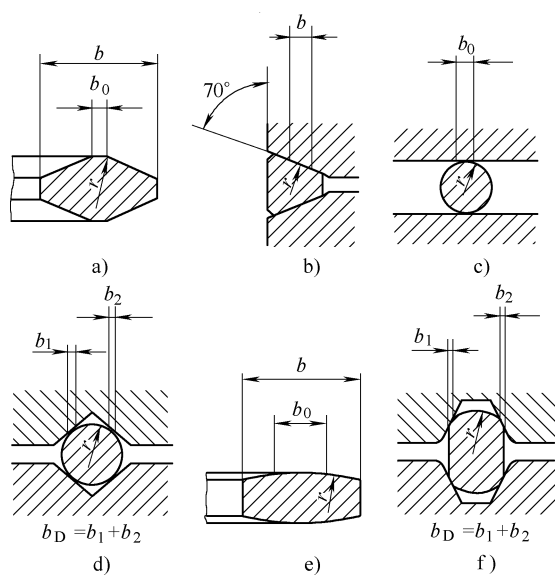


图 3-44 密封宽度

- a) 棱形垫片 b) 梯形垫片 c) 圆环与平面接触
d) 圆环与 V 形槽接触 e) 透镜垫 f) 金属环垫

3.4 阀门专用部分计算式

3.4.1 旋塞阀

1. 旋塞通道孔面积的设计与计算（图 3-45、表 3-49）

表 3-49 旋塞通道孔面积的计算式

序 号	名 称	公式或索引
1	通道孔面积 A/mm^2	Bh
2	通道孔平均宽度 B/mm	$0.57d$
3	进出口内径 d/mm	取 DN （设计给定）
4	通道孔长度 h/mm	一般取 $2.5B$
5	旋塞体锥度	一般取 $1:6$ 或 $1:7$

2. 旋塞阀阀杆力矩

(1) 无填料旋塞阀（图 3-46、表 3-50）

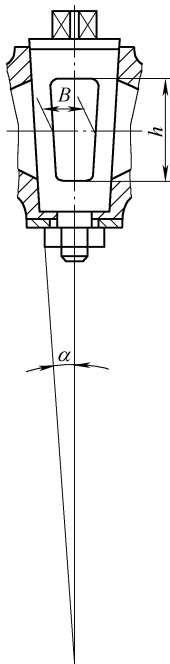


图 3-45 旋塞通道形状及尺寸

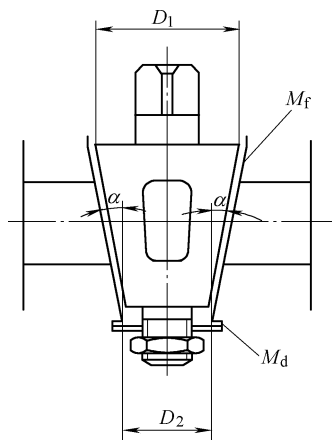


图 3-46 无填料旋塞阀

表 3-50 无填料旋塞阀的计算式

序 号	名 称	公式或索引
1	阀杆最大力矩 $T/N \cdot mm$	$T_f + T_d + T_j$
2	密封面间摩擦力矩 $T_f/N \cdot mm$	$FD_p f_M / 2 \sin \alpha \left(1 + \frac{f_M}{\tan \alpha} \right)$
3	阀杆最大轴向力 F/N	$\frac{\pi}{4} q_{MF} (D_1^2 - D_2^2) \left(1 + \frac{f_M}{\tan \alpha} \right)$
4	密封必须比压 q_{MF}/MPa	取 $q_{MF} = 0.2PN$ 、 PN 设计给定
5	旋塞大端直径 D_1/mm	设计选定
6	旋塞小端直径 D_2/mm	设计选定
7	旋塞与阀体密封面间摩擦因数 f_M	对于有润滑的情况 $f_M = 0.08$ 对于无润滑的情况 $f_M = 0.12 \sim 0.18$
8	旋塞的锥半角 α	通常 $\alpha = 4^\circ 5' \sim 4^\circ 46'$
9	垫圈处的摩擦力矩 $T_d/N \cdot mm$	$F f_d d_1 / 2$
10	垫圈与阀体接触面摩擦因数 f_d	取 $0.2 \sim 0.3$
11	垫圈与阀体接面的平均直径 d_1/mm	设计选取
12	介质压力在旋塞与阀体接触面上产生的摩擦力矩 $T_f/N \cdot mm$	$\frac{\pi}{8} d^2 p f_M D_p$
13	阀体进出口直径 d/mm	取 $d = DN$
14	介质工作压力 p/MPa	$p = PN/10$
15	旋塞平均直径 D_p/mm	$(D_1 + D_2) / 2$
16	旋塞上最大扭应力 τ_N/MPa	$4.8M/S^3$
17	扳手口方的边长 S/mm	设计选定

(2) 有填料旋塞阀（图 3-47、表 3-51）

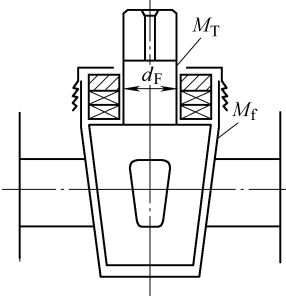


图 3-47 有填料旋塞阀

表 3-51 有填料旋塞阀的计算式

序 号	名 称	公式或索引
1	阀杆最大力矩 $T/\text{N} \cdot \text{mm}$	$T_f + T_T + T_J$
2	密封面间摩擦力矩 $T_f/\text{N} \cdot \text{mm}$	见表 3-50 中序号 2
3	填料与阀杆向摩擦力矩 $T_T/\text{N} \cdot \text{mm}$	见参考文献[15]中表 5-210 序号 11, $0.6\pi\mu_T d_f^2 Zh p$
4	阀杆与填料间的摩擦系数 μ_T/mm	对于 PTFE 取 0.05
5	阀杆与填料部分接触直径 d_f/mm	设计给定
6	填料圈数 Z/mm	设计给定
7	单圈填料高度 h/mm	设计给定
8	设计压力 p/MPa	取公称压力 P_N 数的 1/10
9	介质压力在旋塞与阀体接触面上产生的摩擦力矩 $T_f/\text{N} \cdot \text{mm}$	见表 3-50 中序号 12
10	旋塞上最大扭应力 τ_N/MPa	$4.8T/S^3$
11	扳手柄口的边长 S/mm	设计选定

3.4.2 球阀

1. 带有活动套筒阀座的浮动球球阀阀杆力矩

带有活动套筒阀座的浮动球球阀的结构图如图 3-48 所示、其阀杆力矩计算见表 3-52。

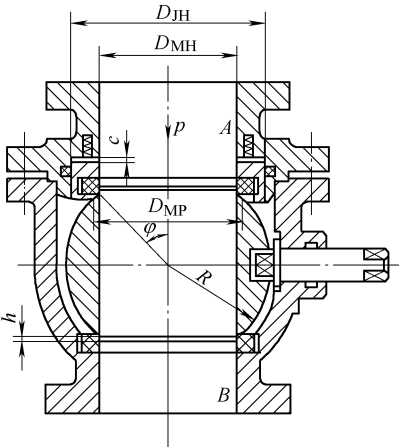


图 3-48 带有活动套筒阀座的浮动球球阀的结构图

表 3-52 带有活动套筒阀座的浮动球阀阀杆力矩计算式

序 号	名 称	公式或索引
1	阀杆力矩 $T_F/\text{N} \cdot \text{mm}$	$T_{QF} + T_{FT} + T_{FC}$
2	浮动球阀的球体与阀座密封面间的摩擦力矩 $T_{QF}/\text{N} \cdot \text{mm}$	$T_{QF1} + T_{QF2}$
3	进口端阀座密封面与球体间的摩擦力矩 $T_{QF1}/\text{N} \cdot \text{mm}$	$T'_{QF1} + T''_{QF1}$
4	进口端阀座对球体预紧力产生的摩擦力矩 $M'_{QF1}/\text{N} \cdot \text{mm}$	$\frac{\pi}{8} q_M f_M R (D_{JH}^2 - D_{MN}^2) (1 + \cos\varphi)$
5	球阀最小预紧比压 q_M/MPa	0.1p 但不小于 2MPa, 对聚四氟乙烯或卡普隆密封圈 $q_M \geq 1\text{MPa}$
6	计算压力 p/MPa	取公称压力 $PN/10$
7	球体与密封面的摩擦因数 f_M	对聚四氟乙烯密封面为 0.05, 对卡普隆密封面为 0.1~0.15
8	球体半径 R/mm	设计选定
9	活动套筒外径 D_{JH}/mm	设计选定
10	阀座密封圈内径 D_{MN}/mm	设计选定 (一般取 DN)
11	球体与密封圈接触点与通道轴法向夹角 $\varphi/(\circ)$	设计选定
12	介质对进口阀座的作用力而产生的摩擦力矩 $T''_{QF1}/\text{N} \cdot \text{mm}$	$\pi p f_M R \cdot (D_{JH}^2 - 0.5D_{MW}^2 - 0.5D_{MN}^2) (1 + \cos\varphi) / 8 \cos\varphi$
13	阀座密封圈与球体接触外径 D_{MW}/mm	设计给定
14	球体与出口阀座密封面间摩擦力 $M_{QF2}/\text{N} \cdot \text{mm}$	$\pi D_{JH}^2 p f_M R (1 + \cos\varphi) / 8 \cos\varphi$
15	填料与阀杆间摩擦力矩 $T_{FT}/\text{N} \cdot \text{mm}$	$F_T \frac{d_F}{2}$
16	阀杆与填料摩擦力 F_T/N	$\psi d_F b_T p$
17	系数 ψ	查表 3-15 (按 h_T/b_T) 或见参考文献[15]
18	阀杆直径 d_F/mm	设计选定
19	填料宽度 b_T/mm	设计选定
20	填料深度 h_T/mm	设计选定
21	阀杆头部的摩擦力矩 $T_{FC}/\text{N} \cdot \text{mm}$	$0.25 d_{F1} f_D F_{FZ}$
22	阀杆头部接触面直径 d_{F1}/mm	$2.2 \sqrt[3]{\frac{F_{FZ} R_1 R_2}{E (R_1 - R_2)}}$
23	阀杆头部摩擦力矩 $T_{FC}/\text{N} \cdot \text{mm}$	$\frac{\pi (d_F + d_{FT})}{8} \cdot f_D \cdot d_F \cdot p$

(续)

序 号	名 称	公式或索引
24	阀杆头部摩擦因数 f_D	表 3-34 (3) 或见参考文献[15]
25	阀杆直径 d_F/mm	设计选定
26	阀杆头部计算直径 d_{FT}/mm	设计选定
27	材料弹性模量 E/MPa	对于钢 $2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$

2. 球阀阀杆的强度计算 (图 3-48b、图 3-48a、表 3-53、表 3-54)

表 3-53 阀杆端头扭转剪切应力计算式

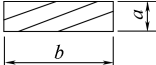
序 号	名 称	公式或索引
1	阀杆端头扭转切应力 τ_N/MPa	$T_F/\bar{\omega}_s$
2	阀杆端头所受力矩 $T_F/\text{N} \cdot \text{mm}$	见表 3-51 ~ 表 3-53
3	I - I 断面抗转矩截面系数 $\bar{\omega}_s/\text{mm}^3$	见图 5-182, 对于正方形断面 $\bar{\omega}_s = \frac{b^3}{4.8}$, 对于矩形断面 $\bar{\omega}_s = \beta a^3$
4	系数 β	见表 3-54
5	阀杆头方形断面边长 b/mm	
6	阀杆头矩形断面厚度 a/mm	

表 3-54 系数 β 值

$\frac{b}{a}$	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0
β	0.208	0.263	0.346	0.493	0.645	0.801	1.150

3.4.3 蝶阀

1. 蝶阀阀杆力矩计算式

中心对称蝶阀 (表 3-55)。

表 3-55 中心对称蝶阀阀杆力矩计算式

序 号	名 称	公式或索引
1	蝶阀阀杆力矩 $T_p/\text{N} \cdot \text{mm}$	$T_M + T_C + T_T + T_j + T_d$
2	密封面间摩擦力矩 $T_M/\text{N} \cdot \text{mm}$	$4q_M b_M f_M R^2$
3	密封面必需比压 q_M/MPa	对中等硬度橡胶 $(0.4 + 0.6p) / \sqrt{b_M/10}$
4	密封面的接触宽度 b_M/mm	设计选定

(续)

序 号	名 称	公式或索引
5	计算压力 p/MPa	取公称压力 PN
6	密封面间的摩擦因数 f_{M}	对于橡胶密封圈为 0.8 ~ 1.0
7	蝶板的密封半径 R/mm	设计选定
8	阀杆轴承的摩擦力矩 $T_{\text{C}}/\text{N} \cdot \text{mm}$	$F_{\text{C}}f_{\text{C}}d_{\text{F}}/2$
9	作用在阀杆轴承上的载荷 F_{C}/N	
9-1	当蝶板处于密封状态时	$\pi D^2 p/4$
9-2	蝶板直径 D/mm	设计选定
10	当蝶阀处于启闭过程时	为 F_{d}
11	动水作用力 F_{d}/N	$2 \times 10^{-11} g \lambda_{\alpha} H D^2 / \zeta_{\alpha} - \zeta_0 + 2gH/V_0^2$
12	重力加速度 $g/(\text{mm}/\text{s}^2)$	9810
13	蝶板开度为 α 角时的动水力系数 λ_{α}	见表 3-56
14	计算升压在内的最大静水压头 H/mm	$9.8 \times 10^4 (p + \Delta p)$
15	计算压力 p/MPa	取公称压力 PN
16	由于水击作用在阀前产生的压力升值 $\Delta p/\text{MPa}$	$0.04 q_{\text{V}}/At$
17	体积流量 $q_{\text{V}}/(\text{m}^3/\text{h})$	
18	管子截面积 A/m^2	设计选定
19	关阀时间 t/s	设计确定
20	蝶板开度为 α 角时的流阻系数 ζ	见表 3-56
21	蝶板全开时的流阻系数 ζ	见表 3-56
22	全开时介质的流速 $v_0/(\text{mm}/\text{s})$	
23	密封填料的摩擦力矩 $T_{\text{T}}/\text{N} \cdot \text{mm}$	见表 3-52
24	静水力矩 $M_{\text{J}}/\text{N} \cdot \text{mm}$	当阀杆垂直安装时为 0
25	动水力矩 (最大值通常在 $\alpha = 60^\circ \sim 80^\circ$ 范围内) $T_{\text{d}}/\text{N} \cdot \text{mm}$	$2 \times 10^{-14} g \lambda_{\alpha} H D^2 / \zeta_{\alpha} - \zeta_0 + 2gH/v_0^2$
26	蝶板开度为 α 角时的动水力矩系数 μ_{α}	见表 3-56

表 3-56 $\lambda'_{\alpha} \mu'_{\alpha} \zeta_{\alpha}$ 值

b/D	$\alpha/(^\circ)$									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	ζ_{α}									
0.05	0.031	0.26	1.15	3.18	9.00	27.0	74.0	332	3620	∞
0.10	0.044	0.25	1.09	3.02	8.25	24.0	68.0	332	3620	∞
0.15	0.065	0.25	1.02	2.96	7.82	23.0	66.0	332	3620	∞
0.20	0.096	0.28	1.00	2.96	7.82	22.4	65.8	332	3620	∞
0.25	0.147	0.36	1.07	3.05	8.22	24.0	71.5	332	3620	∞
0.30	0.222	0.45	1.18	3.25	9.27	26.8	79.2	332	3620	∞

(续)

b/D	$\alpha/(^{\circ})$									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	λ_{α}									
0.05	1.236	36.9	95.4	220.5	515	1357	3357	13960	146200	∞
0.10	1.253	36.6	92.8	210.0	477	1213	3113	13960	146200	∞
0.15	1.278	36.6	89.6	207.0	455	1162	2997	13960	146200	∞
0.20	1.315	37.5	88.8	270.0	455	1134	2990	13960	146200	∞
0.25	1.376	39.8	91.8	211.5	475	1213	3243	13960	146200	∞
0.30	1.466	42.5	96.7	222.0	530	1350	3589	13960	146200	∞
b/D	μ_{α}									
0.05	0	6.53	8.67	11.4	16.1	25	28.6	84.7	615	
0.10	0	6.47	9.50	12.1	16.9	24.4	32.5	84.7	615	
0.15	0	6.26	10.30	13.1	17.2	25.5	31.3	84.7	615	
0.20	0	6.09	11.00	14.8	18.7	25.8	34.0	84.7	615	
0.25	0	6.18	11.50	16.0	20.9	27.6	37.0	84.7	615	
0.30	0	6.90	10.20	17.7	24.4	31.8	40.9	84.7	615	

2. 蝶板的设计计算

1) 蝶板厚度（图 3-49、表 3-57）。

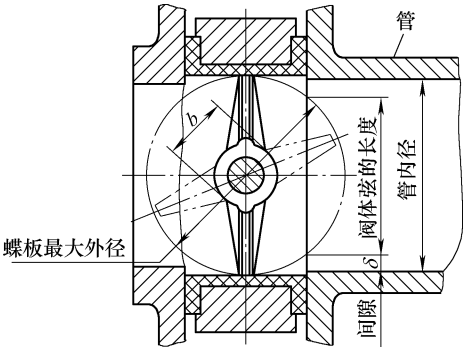


图 3-49 蝶板的结构尺寸

表 3-57 蝶板的厚度计算式

序 号	名 称	公式或索引
1	蝶板中心处厚度 b/mm	$0.054D\sqrt[3]{H}$
2	蝶阀流道直径 D/mm	设计选定，通常 $b/D=0.15\sim0.25$
3	考虑到水击升压的介质最大静压水头 H/m	$100(PN+\Delta p)$
4	由于蝶板的快速关闭，在管路中产生的水击升值 $\Delta p/\text{MPa}$	$400q_v/At$

(续)

序 号	名 称	公式或索引
5	体积流量 $q_V/(\text{m}^3/\text{h})$	设计选定
6	阀座通道截面积 A/mm^2	设计选定
7	蝶板从全开至全关所经历的时间 t/s	设计确定

2) 蝶板与连接管道内壁间的最小间隙 δ 值 (图 3-49、表 3-58)。

表 3-58 蝶板与接管内壁间的最小间隙 δ 值 (单位: mm)

δ 标准代号 公称尺寸 DN	API 609—2004	JIS B2032—1995
50 ~ 150	1. 5	2
200 ~ 500	3. 0	3
600 ~ 1200	6. 4	3

3) 蝶阀阀座的最小孔径 $D_{\min}$ (表 3-59)。

表 3-59 蝶阀阀座最小孔径及阀座孔面积 (JB/T 8527—1997)

公 称 尺 寸		CL150		公 称 尺 寸		CL150	
		阀座最小孔径 $D_{\min}/\text{mm}$	阀座孔面积/ m^2			阀座最小孔径 $D_{\min}/\text{mm}$	阀座孔面积/ m^2
$DN50$	$NPS2$	44	0. 0015197	$DN1000$	40	970	0. 7386065
$DN65$	$NPS2\frac{1}{2}$	59	0. 0027325	$DN1200$	$NPS48$	1160	1. 056296
$DN80$	$NPS3$	74	0. 0042986	$DN1400$	$NPS56$	1360	1. 451936
$DN100$	$NPS4$	94	0. 0069362	$DN1600$	$NPS64$	1560	1. 910376
$DN125$	$NPS5$	119	0. 0111163	$DN1800$	$NPS72$	1760	2. 431616
$DN150$	$NPS6$	144	0. 0162777	$DN2000$	$NPS80$	1960	3. 015656
$DN200$	$NPS8$	190	0. 0283385	$DN2200$	$NPS88$	2140	3. 594986
$DN250$	$NPS10$	230	0. 0415265	$DN2400$	$NPS96$	2340	4. 298346
$DN300$	$NPS12$	280	0. 061544	$DN2600$	$NPS104$	2540	5. 064506
$DN350$	$NPS14$	325	0. 0829156	$DN2800$	$NPS112$	2740	5. 893466
$DN400$	$NPS16$	375	0. 1103906	$DN3000$	$NPS120$	2940	6. 785226
$DN450$	$NPS18$	425	0. 1417906	$DN3200$	$NPS128$	3120	7. 641504
$DN500$	$NPS20$	475	0. 1771156	$DN3400$	$NPS136$	3320	8. 652584
$DN600$	$NPS24$	575	0. 295406	$DN3600$	$NPS144$	3520	9. 276464
$DN700$	$NPS28$	670	0. 3523865	$DN3800$	$NPS152$	3720	10. 863144
$DN800$	$NPS32$	770	0. 4654265	$DN4000$	$NPS160$	3920	12. 062624
$DN900$	$NPS36$	870	0. 5941665				

日本 JIS B2032—1995 规定, 对于中心对称转轴的蝶阀 $D_{\min} = 0.9DN$; 对于偏心转轴的蝶阀 $D_{\min} = 0.85DN$ 。

4) 蝶板的强度计算。如图 3-50 所示, 应对蝶板的 A—A 断面和 B—B 断面进行强度校核, 见表 3-60 和表 3-61。

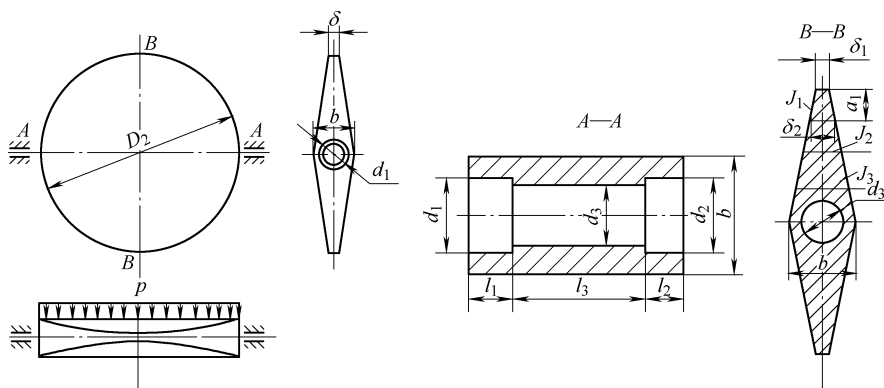


图 3-50 蝶板尺寸及受力分析图

表 3-60 A—A 断面的强度校核

序 号	名 称	公式或索引
1	A—A 断面的弯应力 σ_{WA}/MPa	$M_A/W_A \leq [\sigma_w]$
2	A—A 断面的弯矩 $M_A/\text{N} \cdot \text{mm}$	$pD_2^3/12$
3	介质压力 p/MPa	取 $p = PN$
4	蝶板外径 D_2/mm	设计选取
5	A—A 断面的抗弯断面系数 W_A/mm^3	$2J_A/b$
6	A—A 断面的惯性矩 J_A/mm^4	$\frac{l_1}{12}(b^3 - d_1^3) + \frac{l_2}{12}(b^3 - d_2^3) + \frac{l_3}{12}(b^3 - d_3^3)$
7	左轴承孔长度 l_1/mm	设计选定
8	蝶板中心处最大厚度 b/mm	见表 3-57
9	左轴承孔直径 d_1/mm	设计选定
10	右轴承孔长度 l_2/mm	设计选定
11	右轴承孔直径 d_2/mm	设计选定
12	蝶板与阀杆配合孔长度 l_3/mm	设计选定
13	蝶板与阀杆配合孔直径 d_3/mm	设计选定
14	材料许用弯应力 $[\sigma_w]/\text{MPa}$	见表 3-27

表 3-61 B—B 断面的强度校核

序 号	名 称	公式或索引
1	B—B 断面的弯应力 σ_{WB}/MPa	$M_B/W_B \leq [\sigma_w]$
2	B—B 断面的弯矩 $M_B/\text{N} \cdot \text{mm}$	$\frac{Q_j}{2} \left(\frac{D_2}{2} - \frac{2D_2}{3\pi} \right) = 0.113pD_2^3$
3	计算压力 p/MPa	取公称压力 PN
4	蝶板外径 D_2/mm	设计选定
5	B—B 断面的抗弯截面系数 W_B/mm^3	$2J_B/b$
6	B—B 断面的惯性矩 J_B/mm^4	$\sum J_i = J_1 + J_2 + J_3 + \cdots + J_n$
7	1-1 断面的惯性矩 J_1/mm^4	$a_1\delta^3/12$
8	1-1 断面至蝶板边缘距离 a_1/mm	设计选定
9	B—B 断面平均厚度 δ/mm	$\delta_1 + \delta_2/2$
10	1-1 断面厚度 δ_1/mm	设计选定
11	2-2 断面厚度 δ_2/mm	设计选定
12	蝶板中心处最大厚度 b/mm	见表 3-57

第 4 章 阀门的结构设计

4.1 阀门的设计程序

1. 阀门设计的基本内容

阀门作为管道系统中一个重要的组成部分，应保证安全可靠地执行管道系统对阀门提出的使用要求。因此，阀门设计必须满足工作介质的压力、温度、腐蚀和流体特性以及操作、制造、安装和维修等方面对阀门提出的全部要求。

阀门设计必须明确给定的技术数据，即“设计输入”，在此基础上方可正确地完成设计。

阀门“设计输入”必须具备的基本数据如下：

- 1) 阀门的用途或种类。
- 2) 介质的工作压力。
- 3) 介质的工作温度。
- 4) 介质的物理、化学性能（腐蚀性、易燃易爆性、毒性及物态等）。
- 5) 公称尺寸。
- 6) 结构长度。
- 7) 与管道的连接形式。
- 8) 阀门的操作方式（手动、齿轮传动、蜗杆传动、电动、气动或液动等）。

在阀门技术设计和工作图设计时，应当掌握的数据和技术要求如下：

- 1) 阀门的流通能力和流体阻力系数。
- 2) 阀门的启闭速度和启闭次数。
- 3) 驱动装置的能源特性（交流电或直流电、电压及空气压力等）。
- 4) 阀门的工作环境及其保养条件（是否防爆，是否是热带气候条件等）。
- 5) 外形尺寸的限制。
- 6) 重量的限制。
- 7) 抗地震要求。

2. 阀门的设计程序

- (1) 设计和开发的策划

- 1) 设计和开发阶段
- 2) 适合于每个设计和开发阶段的评审、验证和确认活动。
- 3) 设计和开发的职责和权限。
- (2) 设计和开发的输入
 - 1) 功能和性能要求。
 - 2) 适用的法律和法规要求。
 - 3) 以前类似设计提供的信息。
 - 4) 设计和开发所必需的其他要求。
- (3) 设计和开发的输出
 - 1) 满足设计和开发输入的要求。
 - 2) 给出采购、生产和服务提供的适当信息。
 - 3) 包含或引用产品接收准则。
 - 4) 规定产品的安全和正常使用时所必需的产品特性。
- (4) 设计和开发的评审
 - 1) 评价设计和开发的结果满足要求的能力。
 - 2) 识别任何问题并提出必要的措施。
- (5) 设计和开发的验证
 - 1) 变换方法进行计算。
 - 2) 与已证实的类似设计比较。
 - 3) 试验和演示。
- (6) 设计和开发的确认
以产品鉴定的方式进行确认。
- (7) 设计和开发的更改

4.2 阀体的结构设计

由于阀门有多种类型,同类型阀门的结构形式又分成许多类别,因此,阀体的形状千变万化。尽管如此,由于阀体在受力和功能方面基本相似,故在结构上也有共性,在此将重点介绍阀体结构设计中最具代表性的截止阀阀体和闸阀阀体的结构设计。

1. 截止阀阀体的结构设计

截止阀阀体结构设计的原则适用于节流阀、调节阀、安全阀、减压阀、柱塞阀及止回阀等阀体的结构设计。

(1) 阀体的流道 截止阀阀体的流道可分为直通式、直角式和直流式三种,如图 4-1 所示。

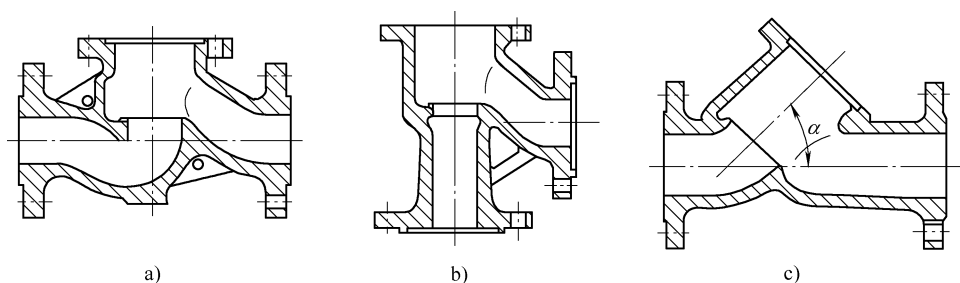


图 4-1 截止阀阀体流动形式
a) 直通式 b) 直角式 c) 直流式

阀体流动设计的原则如下：

1) 阀体端口必须为圆形，介质流道应尽可能设计成直线形或流线型，尽可能避免介质流动方向的突然改变及通道形状和截面积的急剧变化，以减少流体的阻力、腐蚀和冲蚀。

2) 在直通式阀体设计时应保证通道喉部的流通面积至少等于阀体端口的截面积。

3) 阀座直径不得小于阀体端口直径（公称尺寸）的 90%。

4) 在直流式阀体设计时，阀瓣启闭轴线（阀杆轴线）与阀体流道出口端轴线的夹角 α 通常为 $45^\circ \sim 60^\circ$ 。

(2) 阀体的结构

1) 铸造阀体。铸造阀体是目前应用最广的一种结构形式。其最大优点是通过对铸件造型，既能达到所要求的合理的几何形状，特别是流道形状，又可少受重量方面的限制。

图 4-2 所示为铸造桶形阀体，这种阀体结构常用于低压铜制、铸铁制以及钢制（多见于碳钢）阀门。

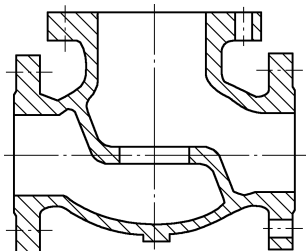


图 4-2 铸造桶形阀体

PN20、DN25 桶形铸钢截止阀阀体设计图及主要尺寸标注如图 4-3 所示，桶形铸造阀体桶体直径的参考值见表 4-1。

2) 锻造阀体。锻造阀体(图4-4)一般都用于小口径的阀门,特别是用于公称尺寸小于或等于 $DN50$ 的高温、高压阀门。锻造阀体的优点是质量能保证、组织致密、表面质量较好;其缺点是由于流道孔采用机械加工(钻孔)制成,在孔与孔的过渡区会产生锐角过渡面,造成流阻大且易产生紊流,介质对阀体侵蚀大,锻件截面与铸件截面相比较不均匀性更大,因此在厚壁处所产生的热应力很大(特别是高温场合),常会在流道的锐角处发生开裂,并且锻造阀体材料的利用率较低。

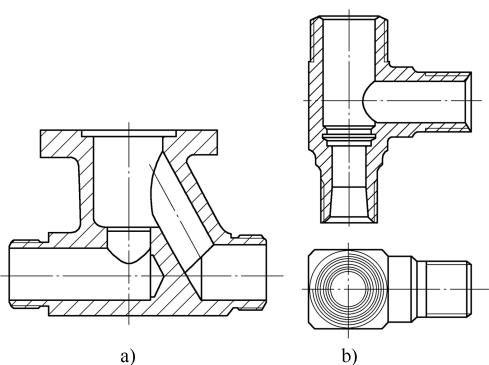
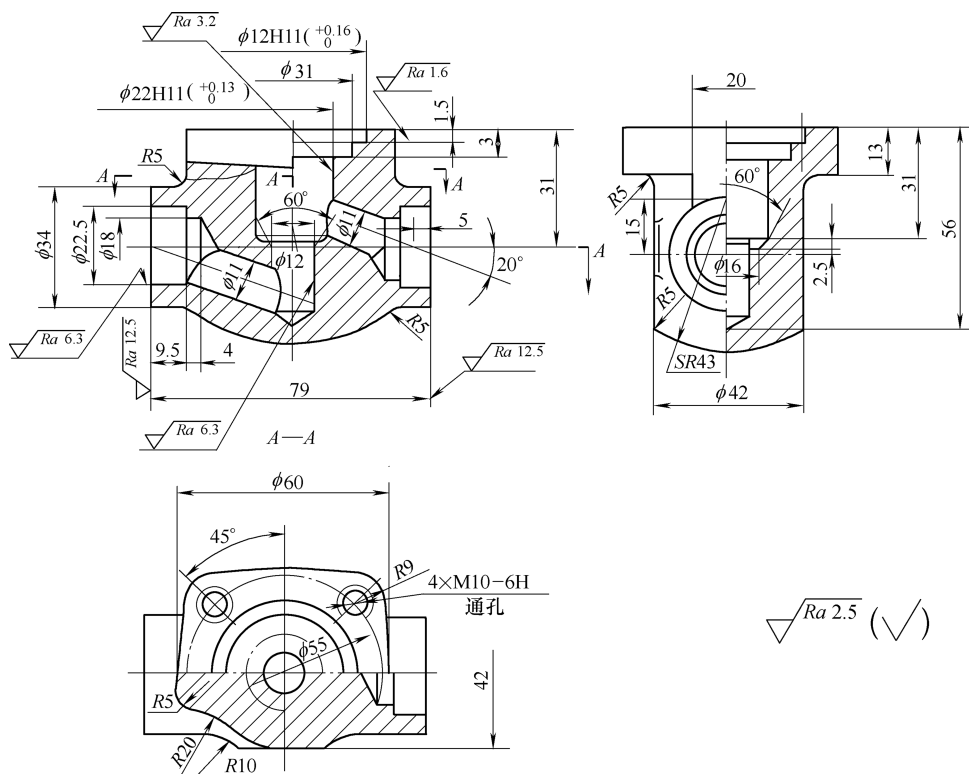


图4-4 锻造截止阀阀体

a) 直通式 b) 角式

图4-5所示为CL800、 $DN15$ 锻钢截止阀阀体设计图

图4-5 CL800、 $DN15$ 锻钢截止阀阀体设计图

3) 锻焊与铸焊阀体。锻焊阀体如图 4-6 所示。若锻造重量受到限制或由于工艺上的原因, 可以考虑采用这种形式 (应按相应标准规定)。

4) 焊接阀体。焊接阀体 (图 4-7) 有钢管焊接和钢板焊接两种。这种结构既节省材料又能获得理想的流道。对于清洁度要求较高的大口径阀门, 这种结构也是比较理想的。其优点是重量轻, 表面质量好, 清洁度高, 流阻小, 结构简单及加工方便; 缺点是焊缝多, 焊接较困难。对于不锈钢的焊接阀体, 要防止或消除晶间腐蚀和焊接变形, 因此, 应根据不同情况, 在工艺上要采取相应措施。

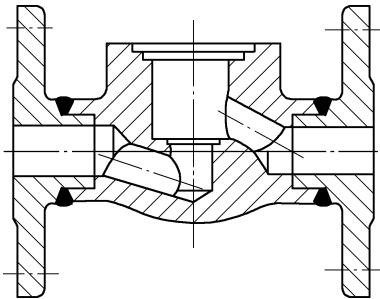


图 4-6 锻焊阀体

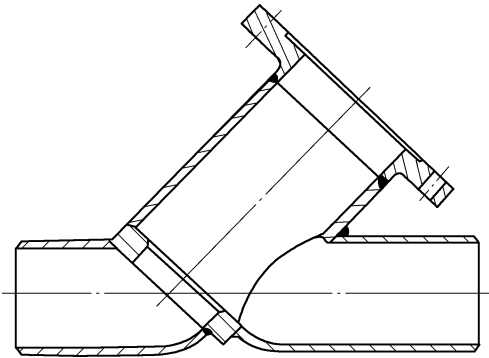


图 4-7 焊接阀体

2. 闸阀阀体的结构设计

(1) 阀体的流道 闸阀阀体的流道可分为全通径式和缩径式两种。全通径式阀门阀体的最小通道直径在标准中有规定, API 600—2009、ISO10434: 2004 的阀体最小通道直径及阀座孔面积见表 4-2。流通孔径比全径阀门通道直径小的称为缩径式, 缩径形式有均匀缩径和非均匀缩径两种。流道呈锥管形的即是一种非均匀缩径, 这类阀门入口端的孔径基本上与公称通径相同, 然后逐渐缩小, 到阀座处缩至最小。

表 4-2 API 600—2009、ISO10434: 2004 的阀体最小通道直径和阀座孔面积

公称尺寸		CL											
		150	300	600	900	1500	2500	150	300	600	900	1500	2500
DN	NPS	阀座最小孔径 D/mm						阀座孔面积/m ²					
25	1	25	25	25	22	22	19	0.004906	0.0004906	0.0004906	0.0003799	0.0003799	0.0002833
32	11/4	31	31	31	28	28	25	0.0007543	0.0007543	0.0007543	0.0006154	0.0006154	0.0004906
40	11/2	38	38	38	34	34	28	0.0011335	0.0011335	0.0011335	0.0009074	0.0009074	0.0006154
50	2	50	50	50	47	47	38	0.0019625	0.0019625	0.0019625	0.001734	0.001734	0.0011335
65	21/2	63	63	63	57	57	47	0.0031156	0.0031156	0.0031156	0.0025504	0.0025504	0.001734

(续)

公称尺寸		CL											
		150	300	600	900	1500	2500	150	300	600	900	1500	2500
DN	NPS	阀座最小孔径 D/mm						阀座孔面积/m ²					
80	3	76	76	76	72	69	57	0.0045341	0.0045341	0.0045341	0.0040694	0.0037373	0.0025504
100	4	100	100	100	98	92	72	0.00785	0.00785	0.00785	0.0075391	0.0066442	0.0037373
125	5	125	125	125	122	155	—	0.0122656	0.0122656	0.0122656	0.016839	0.0103816	—
150	6	150	150	150	146	136	11	0.01766625	0.0176625	0.0176625	0.016733	0.0145193	0.0096719
200	8	200	200	199	190	177	146	0.0314	0.0314	0.0310867	0.0283385	0.0245932	0.016733
250	10	250	250	247	238	222	184	0.0490625	0.0490625	0.047892	0.044655	0.0386879	0.0265769
300	12	300	300	298	282	263	218	0.08065	0.07065	0.0697111	0.0624263	0.0542976	0.0373063
350	14	336	336	326	311	288	241	0.0886233	0.0886233	0.0834266	0.0759259	0.065111	0.0455935
400	16	387	387	374	355	330	276	0.1175686	0.1175686	0.1098026	0.0989296	0.0854865	0.0597981
450	18	438	431	419	400	371	311	0.1505975	0.1458223	0.1378153	0.1256	0.1080481	0.0759259
500	20	488	482	463	444	415	342	0.186943	0.1823743	0.1682796	0.1547517	0.1351966	0.0918167
600	24	590	584	558	533	498	412	0.2732585	0.2677289	0.2444207	0.2230098	0.1946831	0.133249

采用缩径式流道（无论是锥管形非均匀缩径或均匀缩径），其优点是同一规格的阀门，可减小闸板的尺寸、启闭力与力矩；其缺点是流阻增加，压降和能耗增大，所以缩孔不宜太大。对锥管形非均匀缩径来说，阀座的内径与公称尺寸之比通常取 0.8~0.95。公称尺寸小于 DN250 的缩径阀门，其阀座内径一般比公称尺寸降低一档；公称尺寸等于或大于 DN300 的缩径阀门，其阀座内径一般比公称尺寸降低两档。

均匀缩径式通常应用于大口径低、中压阀门或高压阀门中，缩径的大小应按有关标准的规定。

(2) 阀体的结构 闸阀阀体的结构决定于阀体与管道、阀体与阀盖的连接。就制造方法而言，有铸造、锻造、锻焊、铸焊以及管板焊接等几种。

通常从经济性考虑，公称尺寸等于或大于 DN50 的阀门采用铸造，小于 DN50 阀门的采用锻造。但是随着现代铸、锻技术的发展，已经逐步突破了这种限制。锻造阀体已向大口径方向发展，而铸造阀体逐渐向小口径方向发展，任何一种闸阀阀体既可锻造，也可铸造，应根据用户要求以及制造厂拥有的制造手段而定。

管板焊接的阀体通常应用于大口径的中、低压阀门。

1) 铸造阀体。阀体与阀盖为法兰连接的铸造阀体如图 4-8 所示。非圆形的阀盖法兰（通常为椭圆形或方形）用于公称压力小于或等于 PN20（或 CL150）的阀门及公称尺寸小于或等于 DN65（NPS2½）的各压力级阀门；圆形阀盖法兰的用于公称压力等于或大于 PN50（或 CL300）的阀门。高温、高压阀门的阀体与管道的连接端通常采用对接焊。

阀体与阀盖采用内压自封式连接的铸造阀体如图 4-9 所示，其连接端也可采

用法兰。这种阀体多用于公称压力等于或大于 PN150 的高压闸阀。

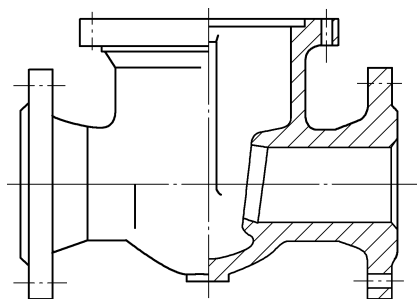


图 4-8 法兰连接铸造阀体

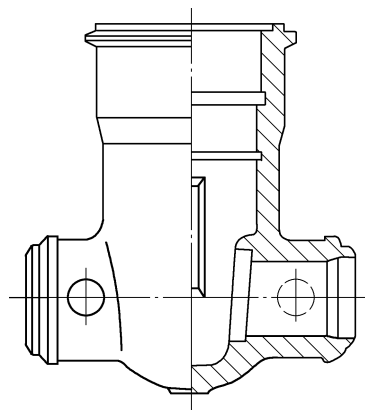


图 4-9 内压自封式连接铸造阀体

图 4-10 所示为 CL150、DN50 (NPS2) 铸造闸阀阀体设计图 (主视图)。

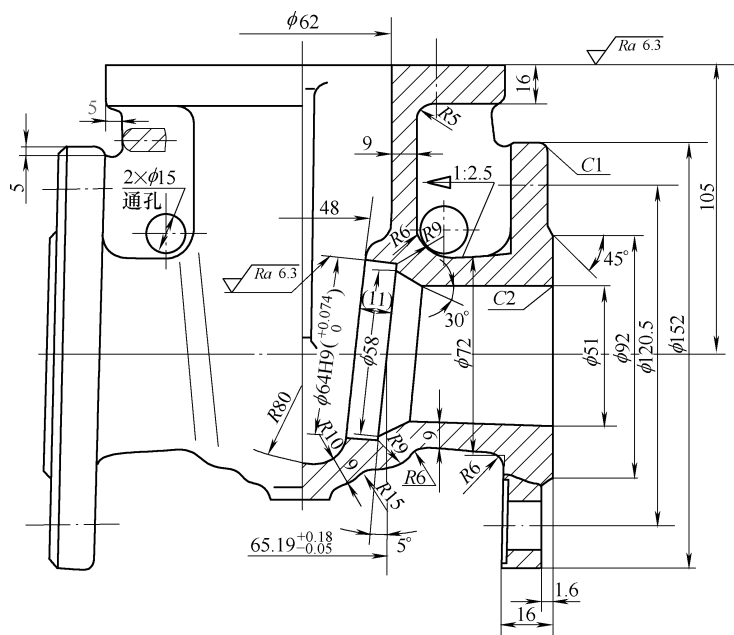


图 4-10 CL150、DN50 (NPS2) 铸造闸阀体设计图 (主视图)

2) 锻造阀体。典型的小口径锻造阀体的连接端有内螺纹、承插焊、法兰 (整锻或对接焊) 及对接焊四种。阀体与阀盖的连接也有螺纹、法兰、焊接和压力自紧式四种。

CL800 承插焊端锻钢闸阀阀体设计图 (主视图) 及主要尺寸标注如图 4-11 所示, 自紧式阀盖的锻钢闸阀阀体设计图 (主视图) 及主要尺寸标注如图 4-12 所示。

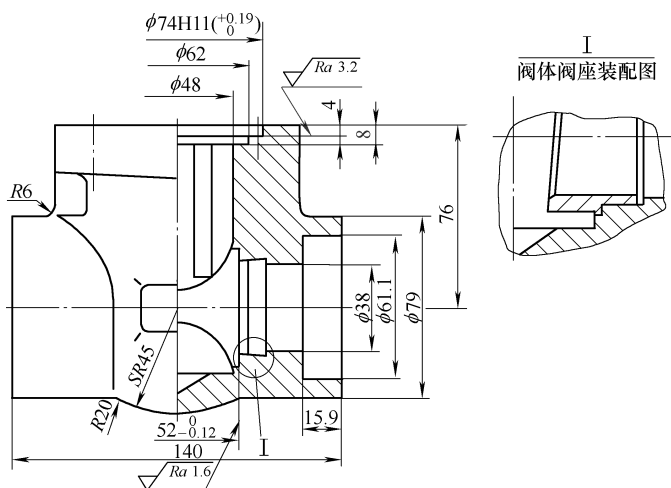


图 4-11 CL800 承插焊端锻钢闸阀阀体设计图 (主视图)

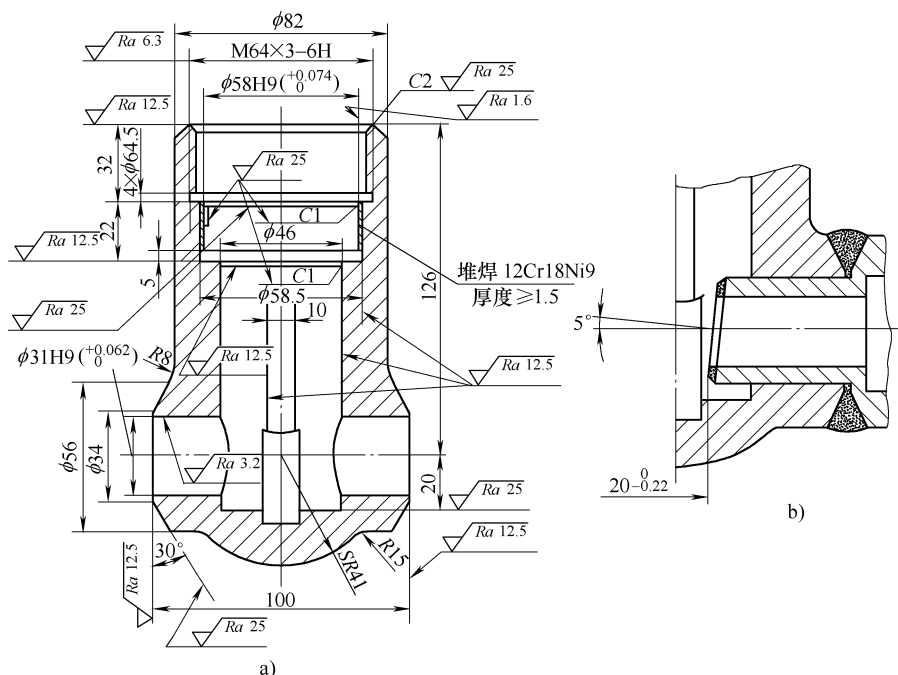


图 4-12 自紧式阀盖的锻钢闸阀阀体设计图 (主视图)

a) 阀体 b) 阀体、密封座装配图

3) 锻焊或铸焊阀体。对于整体锻造工艺上有困难且用于重要场合 (如核电站) 的阀门, 阀体可采用锻焊结构 (图 4-13)。整体铸造无法满足要求的可用铸焊结构, 如图 4-14 所示。

4) 管板焊接阀体。管板焊接结构的阀体一般适用于公称压力小于或等于

PN50 (CL300) 的大口径阀门, 如图 4-15 所示。这种阀体具有重量轻、内腔易于加工的特点, 但设计时应特别注意加强筋的布置, 以防体腔受内压后变形。

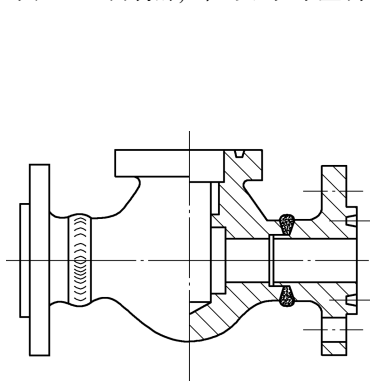


图 4-13 锻焊阀体

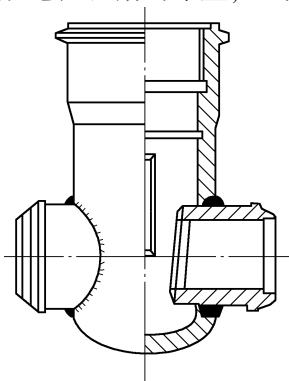


图 4-14 铸焊阀体

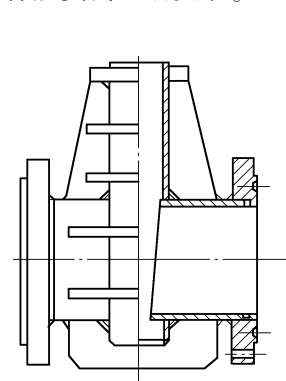


图 4-15 管板焊接阀体

(3) 阀体中腔尺寸的确定 图 4-16 所示为推荐的闸阀阀体中腔尺寸, 椭圆长轴 A 与阀体公称尺寸 DN 之比, 大致呈抛物线关系; 长轴 A 与短轴 B 之比, 呈相似的抛物线关系。

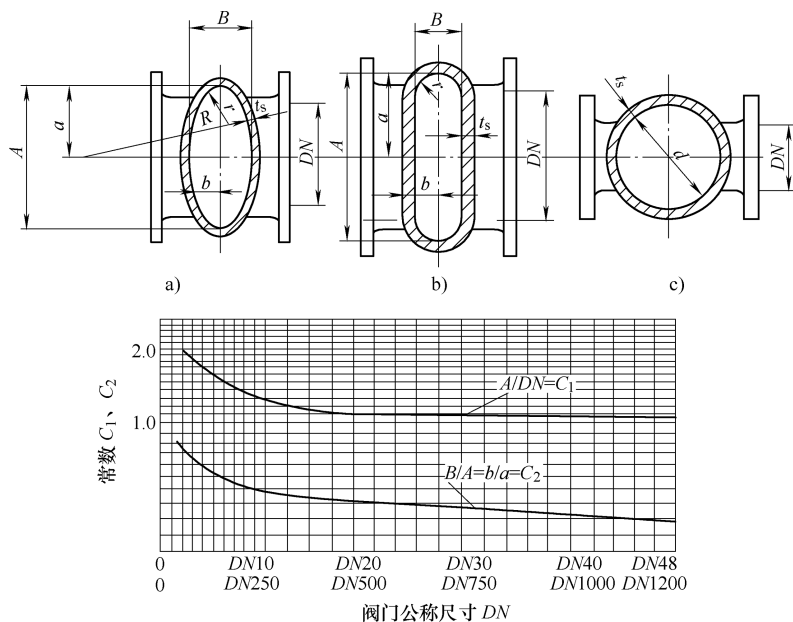


图 4-16 推荐的闸阀阀体中腔尺寸

a) 椭圆形 b) 长圆形 c) 圆形

因此只要确定了阀体的通径就可得到闸阀椭圆形阀体的中腔尺寸。

楔式闸阀阀体的中腔尺寸一般可根据闸板最大对角尺寸加工余量的方法予以

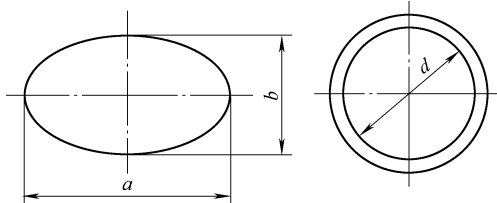
确定，表 4-3 所列为推荐的余量值。

表 4-3 推荐的余量值 (单位: mm)

阀门公称尺寸	余 量	阀门公称尺寸	余 量
$\leq DN100$	≥ 8	$\geq DN350$	15
$DN125 \sim DN300$	≥ 12		

表 4-4 所列为闸阀阀体中腔尺寸的推荐值。

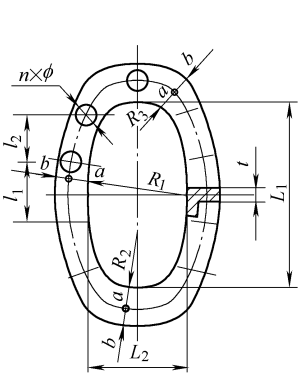
表 4-4 闸阀阀体中腔尺寸推荐值 (单位: mm)



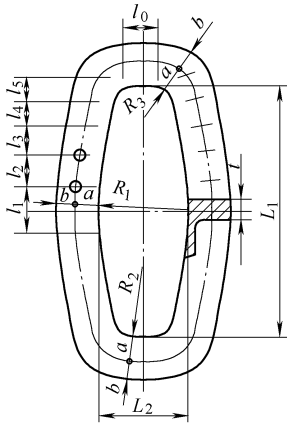
公称尺寸	PN20 (CL150)		PN50 (CL300)	PN110 (CL600)	公称尺寸	PN20 (CL150)		PN50 (CL300)	PN110 (CL600)
	a	b	d			a	b	d	
DN50	90	62	100	100	DN250	320	130	320	328
DN65	110	64	110	120	DN300	370	140	374	380
DN80	120	70	120	130	DN350	420	170	420	440
DN100	150	80	160	158	DN400	480	172	475	475
DN125	180	100	175	190	DN450	528	190	520	520
DN150	210	100	230	218	DN500	600	204	580	580
DN200	268	118	270	274	DN600	700	260	710	685

表 4-5 所列为 PN 20 (CL150) 中法兰尺寸的推荐尺寸。

表 4-5 PN20 (CL150) 中法兰推荐尺寸 (单位: mm)



DN50、DN125 法兰



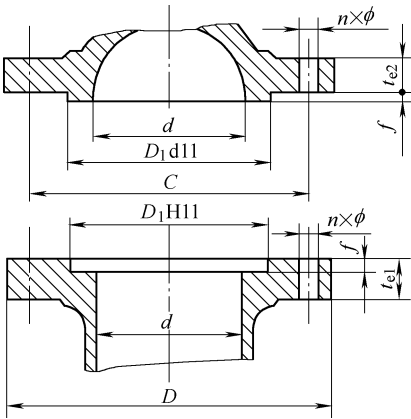
除 DN50、DN125 以外的法兰

(续)

阀门公称 尺寸	中法兰尺寸																
	L_1	L_2	R_1	a	b	R_2	R_3	t	l_0	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	n	ϕ	
DN50	90	62	120	25	15	80	10	16	—	72	—	—	—	—	6	15	
DN65	110	64	135	29	16	100	10	20	62	62	—	—	—	—	8	17	
DN80	120	70	160	30	17	150	10	22	68	64	—	—	—	—	8	17	
DN100	150	80	250	32	18	145	10	24	80	36	—	—	—	—	8	19	
DN125	180	100	300	32	20	90	15	24	—	68	68	—	—	—	10	17	
DN150	210	100	450	35	18	120	15	26	64	64	64	—	—	—	12	17	
DN200	268	118	554	32	20	144	15	28	72	72	72	—	—	—	12	19	
DN250	320	130	600	38	20	160	15	30	64	64	64	64	—	—	16	19	
DN300	370	140	700	42	24	185	15	32	72	72	72	72	—	—	16	23	
DN350	420	170	700	48	27	210	20	35	82	82	82	82	—	—	16	25	
DN400	480	172	1200	62	26	240	20	38	76	76	76	76	76	—	20	25	
DN450	528	190	1220	60	30	264	20	42	82	82	82	82	82	—	20	29	
DN500	600	204	1700	65	28	300	25	42	92	92	92	92	92	—	20	30	
DN600	700	260	2000	76	34	350	25	50	92	92	92	92	92	80	24	32	

表 4-6 所列为钢制闸阀圆形中法兰的推荐尺寸。

表 4-6 钢制闸阀圆形中法兰推荐尺寸 (单位: mm)



公称 尺寸	PN50 (CL300)									PN110 (CL600)								
	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>D</i> ₁	<i>C</i>	<i>n</i>	ϕ	<i>f</i>	<i>t</i> _{e1}	<i>t</i> _{e2}	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>D</i> ₁	<i>C</i>	<i>n</i>	ϕ	<i>f</i>	<i>t</i> _{e1}	<i>t</i> _{e2}
DN50	100	200	129	170	8	18	6	32	23	100	215	142	175	8	22	6	32	
DN65	110	228	142	190	8	22		30	26	120	260	160	220	8	24		35	
DN80	120	240	159	200	8	22		34	30	130	280	188	230	8	27		40	
DN100	160	270	188	228	12	22		36	32	158	310	218	258	12	27		46	
DN125	175	325	218	280	12	22		38	34	190	380	218	320	12	30		50	
DN150	230	370	272	320	12	26		40	36	218	425	272	372	16	30		56	
DN200	270	425	326	370	16	29		42	38	274	495	326	432	16	33		64	
DN250	320	485	383	425	20	29		46	42	328	560	383	490	20	35		68	
DN300	374	556	415	494	16	35		46	42	380	686	472	603	20	42		76	
DN350	420	625	462	560	20	35		64	60	440	743	535	654	20	45		80	

(续)

公称 尺寸	PN50 (CL300)							PN110 (CL600)							f	t_{e1}	t_{e2}
	d	D	D_1	C	n	ϕ	f	d	D	D_1	C	n	ϕ	f			
DN400	475	711	535	628.5	24	35	6	66	62	475	743	535	654	20	45	6	85
DN450	520	750	576	680	24	38		68	64	520	813	576	724	24	45		90
DN500	580	792	633	725	24	38		70	66	580	870	633	778	24	48		95
DN600	710	960	782	870	24	45		74	70	585	1015	731	914	28	51		108

3. 旋启式止回阀阀体的结构设计

铸钢旋启式止回阀阀体设计图及主要尺寸标注如图 4-17 所示。

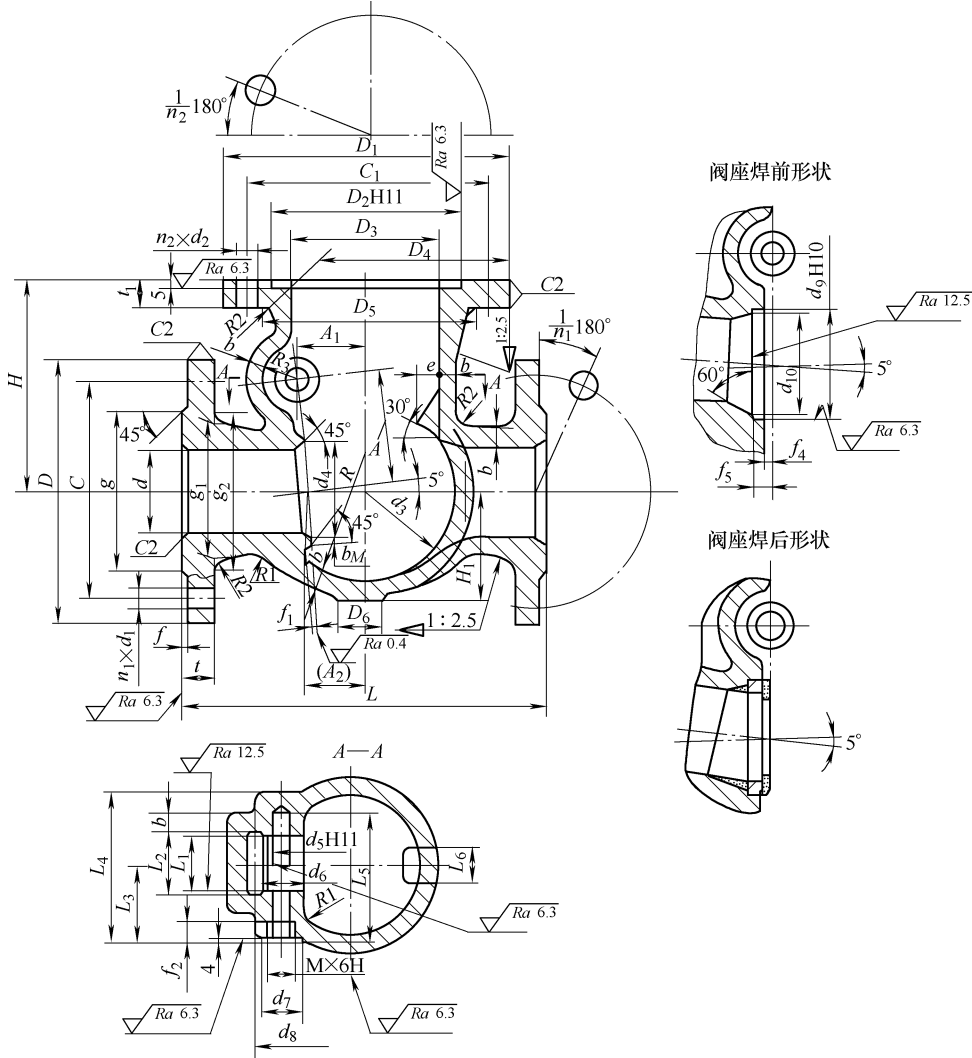
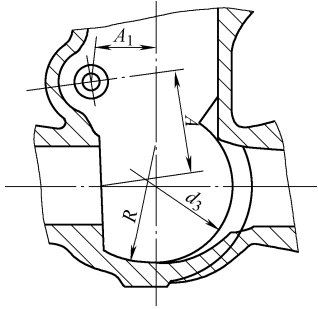


图 4-17 铸钢旋启式止回阀阀体设计图

铸钢旋启式止回阀的主要尺寸（参考值）见表 4-7。

表 4-7 铸钢旋启式止回阀主要尺寸（参考值）（单位：mm）



公称 尺寸	CL150				CL300				CL600			
	A_1	A	R	d_3	A_1	A	R	d_3	A_1	A	R	d_3
DN50	38	53	100	100	38	53	100	100	38	53	100	100
DN65	41	62	120	110	41	62	120	110	41	62	120	110
DN80	50	75	130	130	50	75	130	130	50	75	130	130
DN100	56	70	140	175	56	70	140	175	56	70	140	175
DN125	65	110	140	200	110	65	140	200	110	65	—	—
DN150	76	122	220	220	76	122	220	220	76	122	220	220
DN200	112	170	260	300	112	170	260	300	112	170	260	300
DN250	132	190	350	350	132	190	350	350	132	190	350	350
DN300	160	230	420	420	160	230	420	420	160	230	420	420
DN350	190	260	480	480	190	260	480	480	190	260	480	480

旋启式止回阀阀体设计与截止阀铸造阀体基本相似，但特别注意的是：

（1）摇杆回转中心距 即摇杆销轴孔至阀座中心的距离，在整体尺寸允许的情况下要增加一些，从而增大以销轴孔为支点的阀瓣开启力矩。

（2）阀瓣 应有适当的开启高度。

（3）阀瓣开启 必须使流道任意处的横截面面积不小于通道口的截面积，因此要特别注意阀体腰鼓形桶体的横断面中心直径 d_3 及纵截面的半径 R 的尺寸。

4. 升降式止回阀阀体的结构设计

升降式止回阀阀体公称尺寸不大于 DN50 时，常采用锻造阀体，它的结构形式、设计原则以及外形尺寸与锻造截止阀阀体相同。

5. 对分式浮动球球阀阀体的结构设计

球阀的类型很多，以下仅介绍应用最广的对分式浮动球球阀阀体的设计原则。

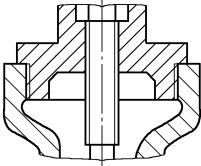
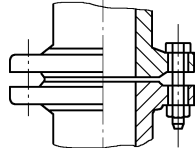
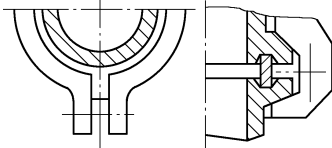
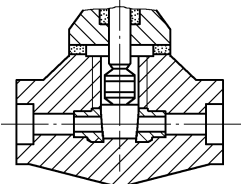
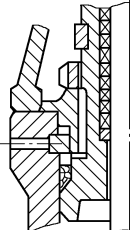
（1）密封调整垫的尺寸 对分式浮动球球阀的左阀体和右阀体的连接，通常采用法兰连接。控制两体之间的密封调整垫尺寸，可控制密封座的预紧比压。在设计时，密封调整垫垫槽的深度应比调整垫厚度小（一般取 0.5mm 左右）。

（2）左阀体与阀体之间的连接法兰尺寸 左阀体与右阀体之间连接法兰尺寸可按闸阀及截止阀的中法兰计算方法确定。

4.3 阀体与阀盖的连接形式

阀体与阀盖的连接形式有螺纹联接、法兰连接、夹箍连接、焊接连接及自紧式密封结构的连接。各种连接方式的简图、特点及应用范围见表 4-8。

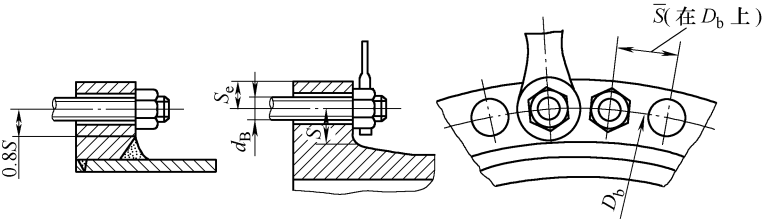
表 4-8 阀体与阀盖的连接方式的简图、特点及应用范围

连接方式	简 图	特 点	应用范围
螺纹联接		螺纹联接可分为内螺纹和外螺纹联接两种。其结构简单, 紧凑; 但螺纹易锈蚀, 且锈蚀后拆卸很困难	用于低压, 较小口径阀门
法兰连接		法兰通常是与壳体制成一体的, 法兰连接结构虽然尺寸较大, 但拆卸方便, 密封可靠	用于各种压力的大、小口径的阀门
夹箍连接		夹箍连接是一种不带法兰的连接。夹箍连接用的螺栓仅有两个, 因此装卸方便, 可以实现快速装卸。而且比法兰连接结构紧凑, 但结构较复杂, 加工困难, 因此这种形式很少采用	用于中、高压, 中、大口径的阀门
焊接连接		焊接连接是一种不可拆卸的连接, 连接密封可靠, 但阀门内件损坏, 导致内漏时, 无法拆卸进行维修	适用于对密封性要求严格, 而不需经常拆卸的场合
自紧式密封结构的连接		利用介质自身的压力来达到密封的目的, 因此介质压力越高, 密封效果越好	适用于高温、高压阀门

1. 螺栓的间距

螺栓的最小间距应满足扳手操作空间的要求, 推荐的螺栓最小间距 $\bar{S}$ 和法兰的径向尺寸 S 、 S_0 按表 4-9 确定。

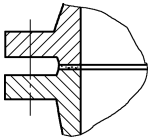
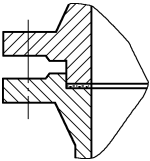
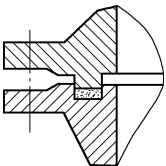
表 4-9 螺栓的布置 (单位: mm)

							
螺栓公称直径 d_B	S	S_e	螺栓最小间距 $\bar{S}$	螺栓公称直径 d_B	S	S_e	螺栓最小间距 $\bar{S}$
12	20	16	32	30	44	30	70
16	24	18	38	36	48	36	80
20	30	20	46	42	56	42	90
22	32	24	52	48	60	48	102
24	34	26	56	56	70	55	116
27	38	28	62				

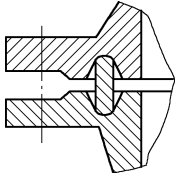
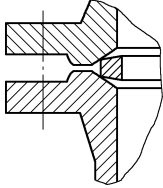
2. 法兰密封面的形式

法兰密封面的形式可分为光滑式、凹凸式、榫槽式、梯形槽式及透镜垫式, 分别采用平垫片、缠绕式垫片、金属齿形垫片、椭圆形垫片、透镜垫及金属环垫片等密封, 见表 4-10。

表 4-10 法兰密封面形式

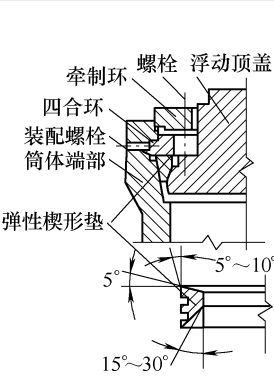
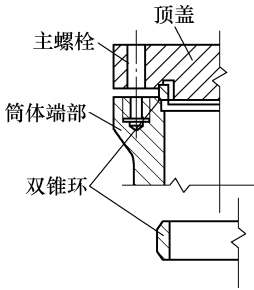
密封面形式	简 图	常用垫片	应用范围
光滑式		橡胶石棉板、聚四氟乙烯包嵌石棉板、铝板	适用于较低压力的阀门
凹凸式		橡胶石棉板、缠绕式垫片	适用于各种压力的阀门
榫槽式		氟塑料板、缠绕式垫片、金属石棉垫片、铜板	使用能够塑性变形的垫片, 适用于腐蚀性较强、密封性要求严格的阀门

(续)

密封面形式	简 图	常用垫片	应用范围
梯形槽式		金属椭圆形垫、金属八角形垫	主要用于高温、高压的阀门
透镜式		金属透镜垫	主要用于高温、高压的阀门

3. 自紧密封结构形式、工作原理、应用范围及优缺点（表 4-11）

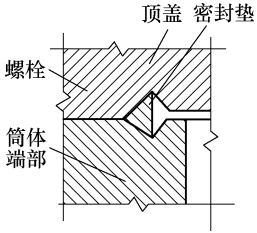
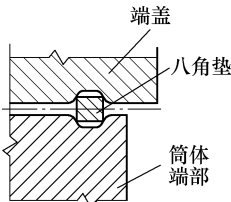
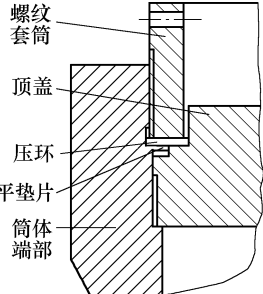
表 4-11 自紧密封结构形式、工作原理、应用范围及优缺点

序号	名称	简 图	结构形式及工作原理	应用范围	优 缺 点
1	楔形垫组合密封(伍德密封)		拧紧牵制环，浮动顶盖与弹性楔形垫之间、弹性楔形垫与圆筒体顶端之间产生预紧密封力。内压作用时，浮动顶盖继续轴向移动，牵制螺栓开始卸载，而它们之间相互作用的密封力，随压力增加而增加，保持良好的密封	$D \leq 600 \sim 800 \text{mm}$ $t \leq 350^\circ\text{C}$ $p \geq 30 \text{MPa}$	优点：无主螺栓联接，密封可靠，开启快，弹性楔形垫可多次使用；对浮动顶盖安装误差的要求不高；在温度和压力波动情况下，密封性能仍良好 缺点：结构复杂，零件多，笨重；加工精度及装配要求很高，制造困难；圆筒体顶端锻件大，高压空间占去多
2	双锥密封		是半自紧密封，在内压作用下，介质进入双锥环与顶盖及筒体的环形空隙里，供双锥环向外扩张，两个锥面分别压紧在顶盖的内锥面和筒体端部的内锥面上，由此达到密封。内压越高，自紧力越大，密封性能越好	$D \leq 1400 \text{mm}$ $p < 35 \text{MPa}$ $D \leq 1000 \text{mm}$ $p < 70 \text{MPa}$ $D \leq 600 \text{mm}$ $p < 100 \text{MPa}$ $t \leq 350^\circ\text{C}$	优点：密封可靠，结构简单，加工精度要求不高，制造容易，可用于直径大、压力和温度高的阀门。在压力和温度波动的情况下，密封性良好 缺点：零件较多，要采用双锥环

(续)

序号	名称	简 图	结构形式及工作原理	应用 范 围	优 缺 点
3	楔形垫密封		楔形垫放置在浮动顶盖和筒体端部之间, 拧紧螺栓产生密封预紧力。操作时, 介质压力作用于浮动顶盖上, 使楔形垫更加压缩挤紧, 从而达到自紧密封。压力越大, 密封力越大, 密封性越可靠	$D \leq 1000 \text{ mm}$ $t \leq 350^\circ \text{C}$ $p \leq 32 \text{ MPa}$	优点: 螺栓预紧力较小, 有轴向自紧作用, 密封可靠, 顶盖可自由浮动。在温度和压力波动的情况下, 密封性良好 缺点: 楔形垫拆卸困难, 结构笨重, 需要金属多, 占去一定的高压空间
4	C 形环密封		依靠 C 形环的两个凸出圆弧部分与顶盖及筒体顶端紧密接触实现密封。预紧时, C 形环受到弹性压缩, C 形环的两圆弧接触处产生初密封比压, 当内压上升时, 介质进入 C 形环的内腔, 使 C 形环轴向张开; 同时, 顶盖因介质压力有离开筒体顶端向上移动的趋势	$D \leq 1000 \text{ mm}$ $t \leq 350^\circ \text{C}$ $p \leq 32 \text{ MPa}$	优点: 预紧力小, 结构简单, 制造较方便, 可用于无主螺栓的快开连接装置 缺点: C 形环凸面加工困难
5	B 形环密封		依靠 B 形环的两个波峰分别与法兰和顶盖的环向密封面接触, 靠径向过盈产生预紧比压, 以实现密封。当内压作用时, B 形环向外扩张, 密封比压相应增加, 达到径向自紧	$D < 800 \text{ mm}$ $t \leq 350^\circ \text{C}$ $p \geq 30 \text{ MPa}$	优点: 具有单纯的径向自紧作用, 对连接件的刚度要求低, 即使连接系统有较大的轴向位移时, 仍能保证密封。在压力和温度波动的场合使用具有优越性 缺点: 加工精度和光洁度要求很高; 制造困难, 成本高; 装拆需谨慎
6	空心金属 O 形环密封		O 形环内侧钻有一些小孔, 使压力介质进入 O 形环, 依靠本身的弹性回弹变形和环截面受内压作用后的膨胀实现密封。O 形环的材料根据设计温度选择	$D = 500 \sim 1000 \text{ mm}$ $t \leq 350^\circ \text{C}$ $p > 20 \text{ MPa}$	优点: 预紧力小, 密封性能好, 结构简单, 可用卡箍连接代替主螺栓, 装拆快, 可以多次使用 O 形环 缺点: 当 O 形环有椭圆形弧曲和表面有手感不平时, 密封性能低劣, 甚至产生严重的泄漏

(续)

序号	名称	简 图	结构形式及工作原理	应用 范 围	优 缺 点
7	三角垫密封		三角垫在自由状态下的直径略大于密封槽的直径, 拧紧螺栓时, 顶盖与筒体顶端靠合, 三角垫径向压缩, 与上、下密封槽贴合, 在上、下端点处产生预紧密封比压。当内压力作用时, 三角垫向外弯曲, 其锥面与密封槽锥面紧密扣合, 实现密封	$D < 1000\text{mm}$ $t \leq 350^\circ\text{C}$ $p > 10\text{MPa}$ (亦用于 $D > 1600\text{mm}$, $p = 20 \sim 35$ MPa)	优点: 密封性好, 开启方便, 预紧力小, 结构紧凑, 适用于压力和温度波动的高压阀门 缺点: 三角垫的尺寸公差和粗糙度规定较严, 制造困难, 成本高, 安装时需特别谨慎
8	八角垫密封和椭圆垫密封		椭圆垫与八角垫只是形状不同, 其密封原理完全一样, 都是径向自紧密封。密封垫的平均直径比密封槽平均直径略大, 靠垫圈与垫槽的内、外斜面 (主要是外斜面) 接触, 压紧而形成密封。密封原理与双锥环密封相似	自紧式: $D \leq 1022\text{mm}$ $t < 350^\circ\text{C}$ $p \leq 35\text{MPa}$ 非自紧式: $D \leq 580\text{mm}$ $t \leq 350^\circ\text{C}$ $p > 35\text{MPa}$	优点: 密封性可靠, 抗冲击和振动载荷, 使用压力高, 密封口径大, 结构简单紧凑 缺点: 垫圈宽度要求较宽 (较窄易被挤坏), 所以连接螺栓、顶盖及筒体法兰等尺寸都较大
9	平垫自紧密封		是轴向自紧密封, 在筒体端部、顶盖及压环之间放平垫片, 利用作用在顶盖端面上的压力使顶盖在轴向作一定范围的自由移动从而压紧垫片, 形成自紧密封 密封所需的外力只需达到垫片初密封所需的程度, 内压越高, 密封力越大, 密封越可靠	$D \leq 350\text{mm}$ $t \leq 350^\circ\text{C}$ $p \geq 100\text{MPa}$	优点: 结构简单, 不需经特殊加工或加工要求很高的零件, 加工方便, 成本低 缺点: 占去较多的高压空间, 平垫片有可能挤压在筒体、顶盖及压环之间, 只适用于直径较小场合 (直径较大时, 螺纹难加工且不易拧紧)

4.4 常见阀盖的结构形式

1. 阀杆螺母下装式整体阀盖 (图 4-18)
2. 阀杆螺母上装式整体阀盖 (图 4-19)
3. 分离式支架阀盖 (图 4-20)

根据阀杆螺母与支架不同的安装方式, 支架可分为:

- 1) 阀杆螺母式支架。主要用于手轮操作的阀门 (图 4-21)。

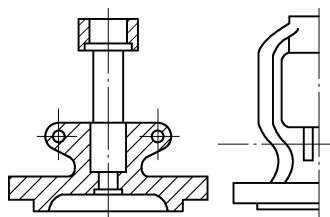


图 4-18 阀杆螺母下装式整体阀盖

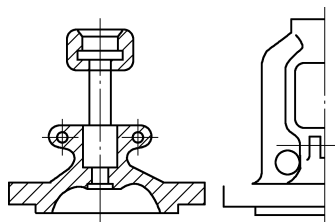


图 4-19 阀杆螺母上装式整体阀盖

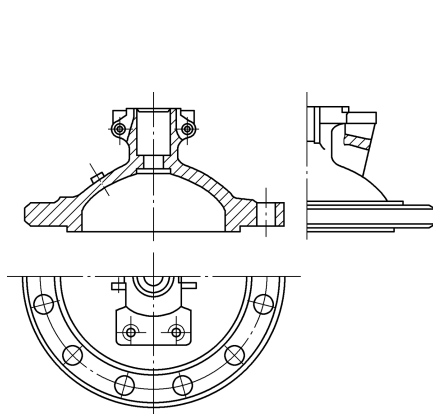


图 4-20 分离式支架阀盖

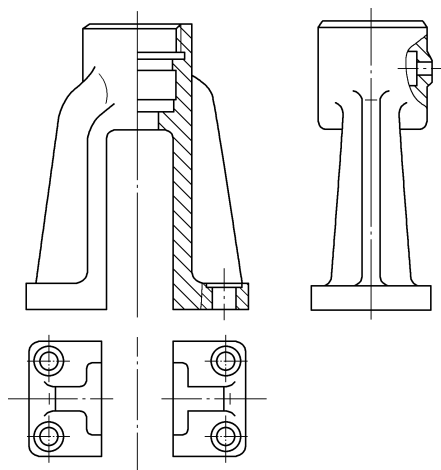


图 4-21 阀杆螺母式支架

2) 立柱横梁式支架。主要用于小口径阀门或低压阀门（图 4-22）。

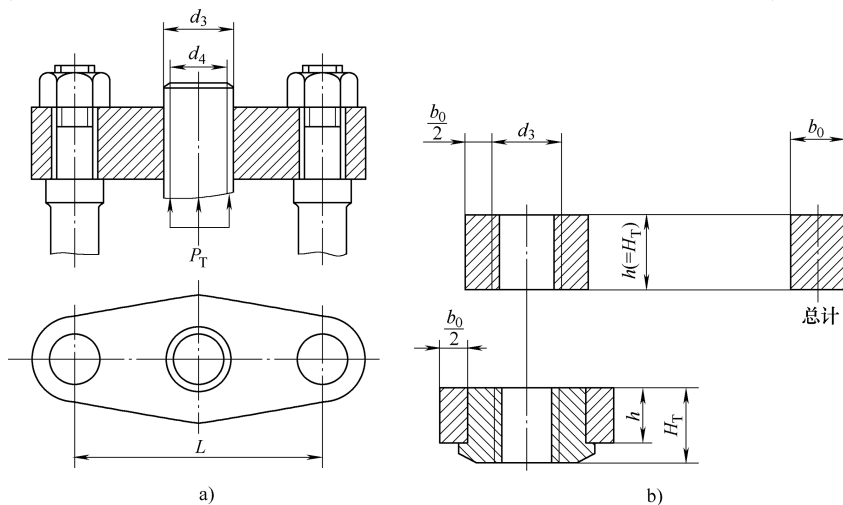


图 4-22 立柱横梁式支架

a) 立柱横梁式支架 b) 横梁的螺纹部分截面

3) 法兰连接式支架。主要用于安装各种操纵机构（如蜗杆传动装置、电动装置、气动装置及液动装置等）的大口径阀门（图4-23）。

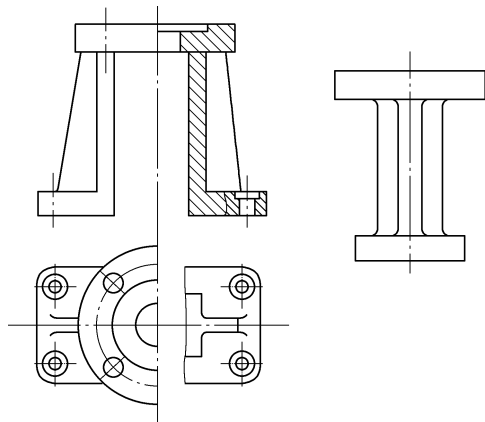


图4-23 法兰连接式支架

4.5 密封面及内件的材料

阀门的密封面是指阀座和关闭件相互接触形成密封的部分。

阀门的内件通常指闸板（或阀瓣、球体及蝶板等）、阀座和阀杆，但在有些情况也包括其他零件，如衬套、上密封座等，经常用 Trim 表示。内件材料的选择原则如下：

- 1) 根据主体材料、介质特性、结构特点及零件的受力等综合考虑。
- 2) 内件材料的耐腐蚀性能应高于或与主体材料相当。

1. 密封面的材料

阀门密封面应耐磨损、耐腐蚀、耐冲蚀及耐擦伤，有足够的挤压强度，在高温下有足够的抗氧化性和热疲劳性，密封面与阀体的热膨胀系数应相近，具有良好的加工性能和焊接性能，且应在价格和材料性能之间综合考虑。

阀门的密封面分为金属密封面、软密封面和密封剂密封面三种。

(1) 金属密封面的磨损 金属密封面主要用于耐磨损、耐冲蚀、耐擦伤及耐高温的场合。磨损可分成黏着磨损、磨粒磨损、表面疲劳磨损、冲蚀磨损和擦伤等。

① 黏着磨损。黏着磨损最为普遍，是由阀门密封面两种固体材料交界面的巨大黏着力而产生的。当阀门的密封面互相滑动时，接合点不断接触和脱离，形成磨粒性磨损。

② 磨粒磨损。阀门密封面中粗糙的较硬表面，在相对较软的表面滑动时产生的磨损。控制磨粒磨损的有效办法是使较软的材料硬些。

③ 表面疲劳磨损。反复循环加载和卸载会使表面或表面下层产生疲劳裂纹，最终导致表面的破坏，形成碎片和凹坑。

④ 冲蚀磨损。由锐利的粒子冲刷密封面而产生。它与磨粒磨损相似，但经冲蚀磨损后的表面很粗糙。

⑤ 擦伤。阀门密封面在相对运动的过程中，因摩擦而引起的破坏，这是由密封面硬度差不合理造成的。

(2) 金属密封面 阀门金属密封面常用的材料有铜合金、铬不锈钢及钴基硬质合金等，也可以是经过表面处理的本体材料。

1) 铜合金。JB/T 5300—2008《工业用阀门材料 选用导则》中所列的铜合金密封面主要有铸铝黄铜（ZCuZn25Al6Fe3Mn3）、铸铝青铜（ZCuAl9Mn2和ZCuAl9Fe4Ni4Mn2）、铸锰黄铜（ZCuZn38Mn2Pb2）及黄铜（H62）等。铜合金在水或蒸汽中的耐腐蚀性和耐磨性好，但强度低，不耐氨和氨水腐蚀，适用介质温度不大于250℃。

2) 铬不锈钢。铬不锈钢有较好的耐腐蚀性，但耐擦伤性较差，特别是在密封比压较大时容易擦伤。铬不锈钢密封面的材料有12Cr13、20Cr13及30Cr13，可采用本体材料或堆焊。堆焊焊条的化学成分相当于12Cr13、20Cr13及30Cr13。铬不锈钢堆焊焊条见表4-12。

表 4-12 铬不锈钢堆焊焊条

焊条 牌号	焊 条 名 称	堆焊层硬 度/HRC	主 要 用 途	符合国际 GB 984
D502	12Cr13 型堆焊焊条	≥40	堆焊碳钢及合金钢的轴及中压阀门等	EDCr-AI-0.3
D507	12Cr13 型堆焊焊条	≥40	堆焊碳钢及合金钢的轴及中压阀门等	EDCr-AI-15
D512	20Cr13 型堆焊焊条	≥45	堆焊碳钢及合金钢的轴及过热蒸汽用阀门等	EDCr-B-03
D517	20Cr13 型堆焊焊条	≥45	堆焊碳钢及合金钢的轴及过热蒸汽用阀门等	EDCr-B-15

在阀门的制造和修复中，铬不锈钢堆焊焊条常用来堆焊工作温度在450℃以下、工作压力为1.6~16MPa、基体材料为铸钢的电站、石油化工用阀门的密封面。通常，阀体（阀座）宜采用12Cr13型堆焊焊条，闸板（阀瓣）采用硬度稍高的20Cr13型堆焊焊条。

3) 钴基硬质合金。钴基硬质合金的特点是耐腐蚀、耐磨损及抗擦伤，特别

是热硬性好，即使在高温下也能保持足够的硬度。堆焊和热喷涂是钴基硬质合金制备的最常用方法。

堆焊有钴基硬质合金堆焊和合金粉末等离子弧堆焊。合金粉末等离子弧堆焊和热喷涂是阀门制造厂的一种代用工艺措施，本书不作详述。

钴基硬质合金又称司太立合金，是典型的阀门密封面堆焊材料。虽然钴（Co）是较为贵重的金属，但是由于它具有抗腐蚀、耐高温等一系列的优良性能，在高温、高压蒸汽阀门以及石油、化工等重化工行业应用比较广泛。

钴基硬质合金可采用氧乙炔焰堆焊、手工电弧堆焊、钨极氩弧堆焊和等离子弧等工艺，在低碳钢、中碳钢、低合金钢、奥氏体不锈钢、06Cr13 型不锈钢及耐热钢上进行堆焊。

① 公称直径不大于 $DN200$ 的阀门优先采用钨极氩弧堆焊和氧乙炔焰堆焊。

② 公称直径大于 $DN200$ 的阀门优先采用等离子弧堆焊。

③ 上述工艺方法不能实施时（如阀体内部堆焊），采用手工电弧焊。

氧乙炔焰堆焊、钨极氩弧堆焊及等离子弧堆焊常用焊丝为 HS111（相当于 D802）、HS112（相当于 D812）；手工电弧堆焊采用焊条为 D802、D812。

钴基硬质合金是以钴（Co）为基体成分，加入铬（Cr）、钨（W）等元素组成合金，其化学成分及硬度见表 4-13 和表 4-14。

表 4-13 钴基硬质合金焊丝的化学成分及硬度（D 系列）

焊丝 牌号	堆焊金属化学成分（质量分数）/%							硬度/ HRC	相当于 AWS A5.13
	C	Cr	W	Mn	Si	Fe	Co		
D802	0.9 ~ 1.4	25.0 ~ 32.0	3.0 ~ 6.0	≤2	≤2	≤5	余量	≥40	ECoCr-A
D812	1.2 ~ 1.7	25.0 ~ 32.0	7.0 ~ 9.5	≤2	≤2	≤5	余量	≥44	ECoCr-B
D822	1.75 ~ 3.0	25.0 ~ 32.0	11.0 ~ 14.0	2	2	≤5	余量	≥53	ECoCr-C

表 14-14 钴基硬质合金焊丝的化学成分及硬度（HS 系列）

焊丝 牌号	堆焊金属化学成分（质量分数）/%									硬度/ HRC	相当于 AWS A5.13
	C	Cr	W	Ni	Mo	Mn	Si	Fe	Co		
HS111	0.9 ~ 1.4	26 ~ 32	3.0 ~ 6.0	≤3	≤1	≤1	≤2	≤3	余量	40 ~ 45	RCoCr-A
HS112	1.2 ~ 1.7	25 ~ 32	7.0 ~ 9.5	≤3	≤1	≤1	≤2	≤3	余量	45 ~ 55	RCoCr-B
HS113	1.75 ~ 3.0	25 ~ 33	11.0 ~ 14.0	≤3	≤1	≤1	≤2	≤3	余量	55 ~ 60	RCoCr-C

4) 表面处理。常用的表面处理方法有化学镀镍、镀铬及氮化等。

由于化学镀镍具有抗冲刷、抗机械磨损、防腐及降低摩擦系数等特点，在石油、天然气的钻采及集输中的阀门广泛应用，如管线球阀的阀体、阀座、支撑板及阀杆，平板闸阀的闸板、阀座等。化学镀镍不需要外加电流，金属表面在催化作用下经过化学还原法进行金属沉积。常用标准有 ASTM B733 镍磷镀层和 GB/T 13913—2008《金属覆盖层 化学镀镍-磷合金镀层 规范和试验方法》。阀门常用的化学镀镍的厚度有

两种：一种是 0.05mm (0.002in)，另一种是 0.075mm (0.003in)。为提高镀层的硬度，需根据不同的硬度要求，进行 200 ~ 400℃ 的热处理。

5) 其他密封面材料。其他密封面材料见表 4-15。

表 4-15 其他密封面材料

密封面材料	适用温度/℃	硬度/HRC	适用介质
K-蒙乃尔 (NiCuFeAl)	-240 ~ 482	27 ~ 35	碱、盐、食品、稀酸、氯化物
S-蒙乃尔 (NiCuMnSi)	-240 ~ 482	30 ~ 38	碱、盐、食品、稀酸、氯化物
哈氏合金 B	≤371	14	盐酸、湿氯气、硫酸、磷酸
哈氏合金 C	≤538	23	强氧化性介质、盐酸、氯化物
20 号合金	-45.6 ~ 316	—	氧化性介质、各种浓度硫酸

6) 烧结硬质合金。烧结硬质合金是用碳化钨 (WC) 粉末和少量钴 (Co) 以不同配比混合后烧结而成。可在异常苛刻的工况下，控制磨损问题。阀门中用碳化钨来控制磨损的实例有：

- ① 调节阀的阀瓣、阀杆和阀座。
- ② 滑板阀的滑板和阀座。
- ③ 圆盘阀的阀瓣和阀座。
- ④ 整体为碳化钨的球体、阀座和减磨垫等。

常用烧结硬质合金的牌号、化学成分和力学性能见表 4-16。

表 4-16 常用烧结硬质合金的牌号、化学成分和力学性能

合 金 牌 号		化学成分 (质量分数)/%				力 学 性 能						
		WC	TiC	TaC (NbC)	Co	硬度		抗弯 强度/ GPa	冲击韧 度/(MJ/ m ²)	执导率 /[W/ (m · K)]	线膨胀系 数/ × 10 ⁻⁶ ℃ ⁻¹	密度/ (g/cm ³)
						HRA	HRC					
WC 基合金												
WC + Co	YG3	97	—	—	3	91	78	1.20	—	87.9	—	14.7 ~ 15.3
	YG6	94	—	—	6	89.5	75	1.45	0.03	79.6	4.5	14.6 ~ 15.0
	YG8	91	—	—	8	89	74	1.50	—	75.4	4.5	14.5 ~ 14.7
	YG3X	97	—	<0.5	3	91.5	80	1.10	—	—	4.1	15.0 ~ 15.3
	YG6X	93.5	—	<0.5	6	91	78	1.40	—	79.6	4.4	14.6 ~ 15.0

7) 陶瓷。随着高磨损、强腐蚀等严苛工况的不断出现，传统的金属阀门已经不能满足这些工况的要求，陶瓷阀门与金属材料相比，其最大的优点是优异的高温力学性能、耐腐蚀、耐磨损及密度小，因此陶瓷阀门具有如下卓越性能：

- ① 耐磨损。陶瓷的硬度是不锈钢的 5 ~ 15 倍，耐磨性能非常卓越。
- ② 耐腐蚀。陶瓷对于大多数的酸碱物质来说，其化学性质稳定，抗腐蚀性非常好。

③ 耐高温。陶瓷的熔点很高，大多数陶瓷在高温下具有稳定的力学性能。

陶瓷阀门由于具有上述诸多优点，因此被广泛运用于电力行业、多晶硅、气力除灰系统的粉煤灰输送及冶金工业领域等。

陶瓷阀门常用的陶瓷有氧化锆（ ZrO_2 ）、氧化铝（ Al_2O_3 ）、氮化硅（ Si_3N_4 ）和碳化硅（ SiC ）四种，四种陶瓷的性能见表 4-17。

表 4-17 四种陶瓷的性能

各种陶瓷的主要性能	氧化锆 ZrO_2	99.5% 氧化铝 Al_2O_3	99.9% 氧化铝 Al_2O_3	氮化硅 Si_3N_4	碳化硅 SiC
密度/(g/cm^3)	5.5	3.8	3.97	3.16	3.2
熔点/ $^{\circ}C$	2715	2000	2000	1900	2700
硬度（莫氏）/HRA	莫氏 6.5	莫氏 9	莫氏 9	莫氏 9	莫氏 9.2~9.5
抗弯强度/MPa	620	379	552	828	550
抗压强度/MPa	1750	2600	3700	3500	2250
断裂韧性/ $MPa \cdot m^{1/2}$	9~12	4~5	4~5	6	3~4
热胀系数/ $\times 10^{-6} ^{\circ}C^{-1}$	6.5~10.5	6.7	6.8	3.2	4~5
最大使用温度/ $^{\circ}C$	260	1750	1900	1200	1500
热冲击温度/ $^{\circ}C$	220	100	120	450	320
20% HCl (60 $^{\circ}C$ /95 $^{\circ}C$)	A/A	A/A	A/A	B/C	A/A
90% H_2SO_4 (60 $^{\circ}C$ /95 $^{\circ}C$)	A/A	A/A	A/A	A/B	A/A
60% H_3PO_4 (60 $^{\circ}C$ /95 $^{\circ}C$)	A/A	A/A	A/A	C/C	A/A
10% HF (60 $^{\circ}C$)/46% HF (95 $^{\circ}C$)	C/C	B/C	B/C	A/C	A/A
60% HNO_3 (60 $^{\circ}C$ /95 $^{\circ}C$)	A/A	A/B	A/A	C/C	A/A
30% NaOH (60 $^{\circ}C$ /95 $^{\circ}C$)	A/B	B/B	B/A	B/C	A/A

注：A：<0.1mmg/($cm^2 \cdot$ 天)，无腐蚀或腐蚀可以忽略，推荐使用。B：0.1~0.3mmg/($cm^2 \cdot$ 天)，轻微腐蚀，使用后需每年检查。C：>0.3mmg/($cm^2 \cdot$ 天)，腐蚀严重，建议不要使用。

陶瓷阀门的类型有陶瓷控制阀、陶瓷球阀、陶瓷旋塞阀、陶瓷平板阀、陶瓷闸阀和陶瓷滑板阀等。根据耐腐蚀和耐磨损要求的不同，有通道内衬陶瓷，即内件全部采用陶瓷材料；也有通道不衬陶瓷，即内件部分采用陶瓷等。陶瓷球阀及陶瓷内件如图 4-24 所示。

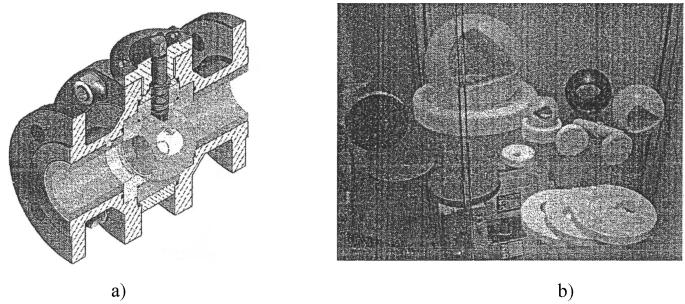


图 4-24 陶瓷球阀及陶瓷内件

(3) API 600 列入的常用金属密封面组合 API 600 列入的常用密封面材料组合见表4-18, 选用时, 应根据材料的性能综合考虑, 目前国内最常用的内件号是1、2、5、8、10。API 600 列入的内件号除用于 API 600 闸阀外, 还经常用于其他各种金属阀门, 并作为阀门金属密封面材料组合的代号。

表 4-18 API 600 列入的常用密封面材料组合

内件号	公称内件	密封面最低硬度 ^① /HB	密封面材料类型 ^②	密封面材料标准规范等级		
				铸造	锻造	焊接 ^①
1	F6	③	12Cr13	ASTM A217(CA15)	ASTM A105(F6a)	AWS A5. 9 ER410
2	304	④	18Cr-8Ni	ASTM A351(CF8)	ASTM A182(F304)	AWS A5. 9 ER308
3	F310	④	25Cr-20Ni	NA	ASTM A182(F310)	AWS A5. 9 ER310
4	硬 F6	750 ^⑤	硬 13Cr	NA	⑥	NA
5	硬密封面	350 ^⑤	Co-CrA ^⑦	NA	NA	AWS A5. 13 或 RCoCrA
5A	硬密封面	350 ^⑤	Ni-Cr	NA	NA	注 ^⑧
6	F6 和 Cu-Ni	250 ^⑨ 175 ^⑨	12Cr13 和 Cu-Ni	ASTM A217 (CA15) NA	ASTM A105(F6a) ⑩	AWS A5. 9 ER410 NA
7	F6 和硬 F6	250 ^⑨ 750 ^⑨	12Cr13 和硬 12Cr13	ASTM A217 (CA15) NA	ASTM A105 (F6a) ^⑥	AWS A5. 9 ER410 NA
8	F6 和硬密封面	250 ^⑨ 350 ^⑨	12Cr13 和 Co-CrA ^⑦	ASTM A217 (CA15) NA	ASTM A105 (F6a) NA	AWS A5. 9 ER410 AWS A5. 13 E 或 RCoCrA
8A	F6 和硬密封面	250 ^⑨ 350 ^⑨	12Cr13 和 Cr-Ni	ASTM A217 (CA15) NA	ASTM A105 (F6a) NA	AWS A5. 9 ER410 ^⑧
9	蒙乃尔	④	Ni-Cu 合金	NA	MFG 标准	NA
10	316	④	18Cr-8Ni	ASTM A351(CF8M)	ASTM A182(F316)	AWS A5. 9 ER316
11	蒙乃尔和硬密封面	④ 350 ^⑨	Ni-Cu 合金与 5 号内件或 5A	NA	MFG 标准	NA 见内件 5 或 5A
12	316 和硬密封面	④ 350 ^⑨	18Cr-8Ni-Mo 5 号内件或 5A	ASTM A351 (CF8M)	ASTM A182 (F316)	AWS A5. 9 ER316 见内件 5 或 5A
13	20 号合金	④	19Cr-29Ni	ASTM A351(CN7M)	ASTM B473	AWS A5. 9 ER320
14	20 号合金和硬密封面	④ 350 ^⑨	19Cr-29Ni 与 5 号内件或 5A	ASTM A351 (CN7M) NA	ASTM B473 NA	AWS A5. 9 ER320 见内件 5 或 5A
15	硬密封面	350 ^⑨	Co-CrA ^⑦	NA	NA	AWS A5. 13 E 或 RCoCrA
16	硬密封面	350 ^⑨	Co-CrA ^⑦	NA	NA	AWS A5. 13 E 或 RCoCrA

(续)

内件号	公称内件	密封面最低硬度 ^① /HB	密封面材料类型 ^②	密封面材料标准规范等级		
				铸造	锻造	焊接 ^⑩
17	硬密封面	350 ^⑨	Co-CrA ^⑦	NA	NA	AWS A5. 13 E 或 RCoCrA
18	硬密封面	350 ^⑨	Co-CrA ^⑦	NA	NA	AWS A5. 13 E 或 RCoCrA

- ① HB（即 BHN）是 ASTM E10 布氏硬度的符号。
- ②不允许采用易切削钢。
- ③ 阀体和闸板密封面的硬度最低为 250HB，且应有 50HB 的硬度差。
- ④ 制造商的标准硬度。
- ⑤ 不要求阀体与闸板密封面之间的硬度差。
- ⑥ 氮化层厚度最低 0. 13mm（0. 005in）的表面硬度。
- ⑦ 这种分类包括如 Stellite 6TM、Stoody 6TM以及 Wallex 6TM之类商标材料。
- ⑧ 制造商标准中以最多含 25% 的含铁量表面硬化。
- ⑨ 阀体和闸板密封面之间的硬度差必须符合制造商的标准。
- ⑩ 制造商标准中用最低 30% 的镍。
- ⑪ 标准中密封堆焊材料。

注：Cr——铬，Ni——镍，Co——钴，Cu——铜，NA——不可应用。

API 600 列入的内件号和允许替代的内件号见表 4-19。

表 4-19 API 600 列入的内件号和允许替代的内件号

内 件 号	允许替代的内件号	内 件 号	允许替代的内件号
1	8 或 8A	10	12 或 16
2	10	13	14
5A	5	12	16
8A	8		

（4）软密封面 软密封面最常用的材料是橡胶和聚四氟乙烯。

1) 橡胶阀座密封圈。橡胶（国外经常叫弹性体）是可由较大变形状态快速恢复为原态的材料，或者采用强制性手段使其恢复为原态的材料。橡胶受压时可以发生较大的变形，来填补金属表面的微观不平度，而当应力消除后又能恢复其原来的形状，这种现象被称为材料的“记忆特性”，所以工程上很多场合选用橡胶密封圈来做密封材料。

橡胶密封经常用于球阀（特别是管线球阀）、蝶阀及隔膜阀。管线球阀与常规球阀最大的区别在于阀座密封圈常采用橡胶替代 PTFE 塑料，这一改进使阀座在很小的压差下即可获得气泡级的“零”泄漏，并可轻松实现 DBB、DIB-1 及 DIB-2 功能。橡胶在管线球阀中被大量应用并取得很好的效果主要是由于密封原理发生了根本的变化。

如果用高分子材料，如 PTFE 作为次级主密封的阀座密封圈材料，那么由压

差引起的介质力作用在阀座上，推动阀座与球体接触，高分子材料上的接触应力使密封环发生宏观变形，达到密封效果。由于高分子材料不是一个弹性体，在介质力的作用下会发生局部的塑性变形。

如果采用橡胶作为阀座密封圈的材料，其作用在阀座上的介质力只是把阀座推向球体，这个力不需要很大，而真正密封的力是介质进入橡胶凹槽的一侧压迫弹性体发生弹性变形，像一个弹簧被压缩一样，弹性体通过自身要求恢复初始形状的力，其作用在球体表面，这一密封原理称为弹性体自身变形密封原理。显然这一密封效果好得多，只要合理地选择凹槽与球面的间隙，其密封压力差最高可达到 $320 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

采用橡胶作为管线球阀的密封材料，其截面形状可以做成 O 形和三角形，橡胶的邵尔硬度为 98，被牢固地锁定在凹槽内，其适用的阀门压力级范围为 CLASS150 ~ 900。最常用的橡胶材料为 T49/TB Sh98 (HNBR hydrogenated nitrilr therban)、T58 Sh98 (FKM Viton) 全氟醚橡胶、T58/VED (FKM 防爆型 Viton) 防爆型全氟醚橡胶和 T58/GLT (Sh989FKM Viton GLT) 全氟醚橡胶，其温度适用范围如图 4-25 所示。

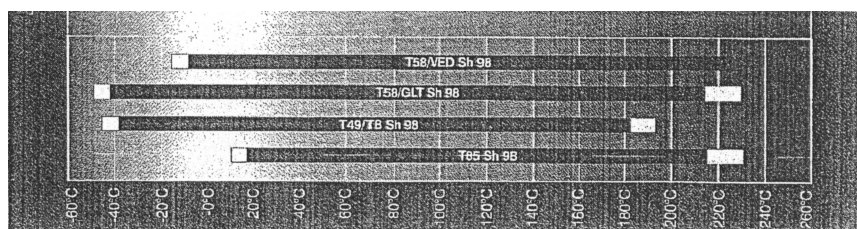


图 4-25 橡胶材料的温度适用范围

管线球阀在正常运行时，密封用的橡胶在较大或较小的程度上受到其表面溶解气体渗入和溶解的作用，经过一段时间，橡胶的含气量会达到饱和。只要橡胶内部气体压力与环境之间处于平衡状态，受到的损坏就会最小，密封性能不会降低，除非受到其他因素的影响，如化学、热力降解或挤出损害。但是，一旦橡胶周围的压力突然消失（如爆管），已渗入橡胶体内的气体不能足够快地释放，将发生爆炸减压（ED）破坏，使橡胶失去密封性能。这种破坏不会立即显现，有时要几个小时后才呈现，因此不具有防爆减压（AED）性能的橡胶表面将呈现出开裂、鼓泡、内部裂纹或疤痕等，如图 4-26 所示。

曾有一家国外的石油公司在深海平台上第一次发现阀门爆炸减压破坏现象，阀门失效后该公司不得不停止作业数周

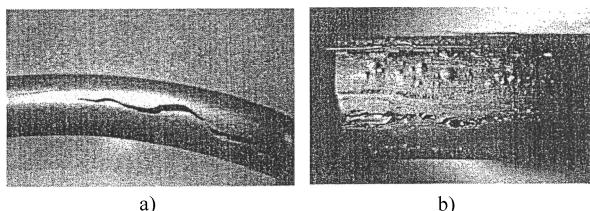


图 4-26 爆炸减压破坏形式

来更换阀门,结果损失惨重。从此以后,石油公司要求阀门厂商提供的高压阀门必须带有防爆减压功能,并制定专门测试标准,如 NORSOKM710 及 TOTAL GS PVV142 等。2002 年,美国石油学会标准 API 6D (22 版)规定:设计压力大于或等于 $PN100$ (CLASS600) 的阀门必须设计为防爆减压式。橡胶防爆测试如图 4-27 所示。国内由于技术和工艺的限制,具有防爆减压功能的橡胶密封圈还主要依赖进口。

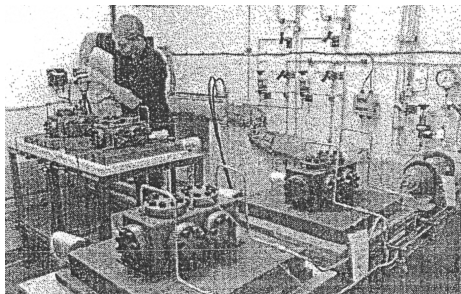


图 4-27 橡胶防爆测试

2) 聚四氟乙烯阀座密封圈。聚四氟乙烯 (PTFE) 经常用作球阀的阀座和阀门的填料。PTFE 最大的缺点是不具有“记忆特性”,它的弹性范围很小,塑性范围很大,而且当应力达到一定程度时,就会产生“冷流”现象。例如 PTFE 在常温下,产生“冷流”的极限应力为 42MPa;温度为 150℃时,产生“冷流”的极限应力值为 4.7MPa。PTFE 的另一个缺点是热膨胀特性,PTFE 的热膨胀系数是钢的 7.5 倍。当温度升高时,密封材料的过盈量增加,阀门的关闭扭矩增加,开关失灵;当温度下降时,密封材料收缩,保持密封的过盈量消失,阀门就产生泄漏。为了克服 PTFE 的“冷流”和热膨胀特性的缺陷来改善其“记忆特性”,球阀阀座在设计时常采用具有挠性的唇式密封技术。

API 608 标准规定了 PTFE 和 R-PTFE 球阀阀座的温度-压力额定值,见表 4-20。对给定的阀门压力等级,阀座的温度-压力额定值可能低于 ASME B16.34 给定的阀体额定值。采用其他密封面材料的阀座时,其温度-压力额定值应咨询供应商。图 4-28 所示为尼龙或 PEEK 等工程塑料阀座压力温度额定值 (Velan 公司提供)。

表 4-20 API 608 规定的 PTFE 和 R-PTFE 球阀阀座温度-压力额定值 (单位: bar)

温度/℃	PTFE 和改良 PTFE 阀座				R-PTFE 和改良 R-PTFE 阀座			
	浮动球			固定球	浮动球			固定球
	$DN \leq 50$	$50 < DN \leq 150$	> 150	$DN > 50$	$DN \leq 50$	$50 < DN \leq 150$	> 150	$DN > 50$
-29 ~ 38	69.0	51.0	19.7	51.0	75.9	51.0	19.7	51.0
66	56.9	42.1	16.2	42.1	63.8	43.1	16.6	43.1
93	45.5	33.4	13.1	33.4	52.4	35.5	13.8	35.5
122	34.5	24.5	9.7	24.5	39.7	27.6	10.7	27.6
149	22.4	15.9	6.2	15.9	29.0	19.0	7.6	19.0
177	11.7	6.9	2.8	6.9	17.2	8.6	3.5	8.6
205	—	—	—	—	5.5	3.4	1.4	3.4

注: 1bar = 10^5 Pa。

高压球阀也可采用 Devoln (德威龙) 作为阀座密封材料。Devoln 与 PTFE、Nylon6 和 PEEK 的温度-压力性能对比如图 4-29 所示, Devoln 比 PTFE 和 Nylon6 具有更好的性能,比 PEEK 具有更高的性价比。

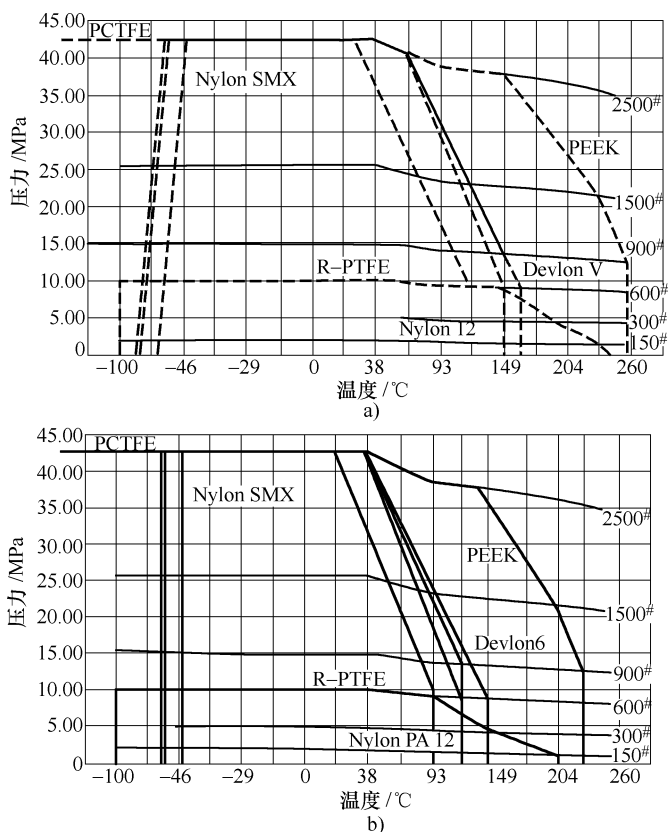


图 4-28 尼龙或 PEEK 等工程塑料阀座温度-压力额定值 (Velan 公司提供)

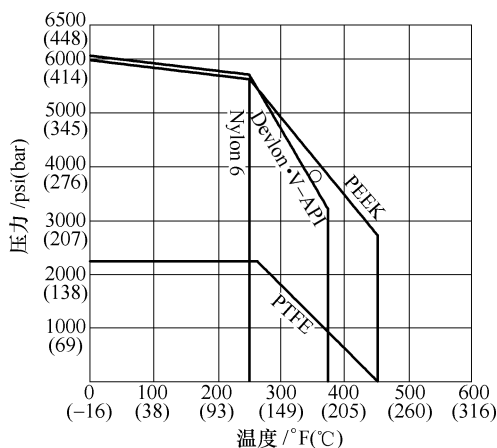


图 4-29 Devoln 与 PTFE、Nylon6 和 PEEK 的温度-压力性能对比 (James walker 公司提供)

1psi = 6894.76Pa, 1bar = 10⁵Pa

通用阀门的软密封面材料见表4-21。

表 4-21 通用阀门的软密封面材料

序号	名 称	代 号	适用温度/℃	适用介质和性能说明
1	天然橡胶	NR	-50 ~ 80	盐类、盐酸、金属涂层、水、湿氯气
2	氯丁橡胶	CR	-40 ~ 80	动物油、植物油、无机润滑油、pH 值变化很大的腐蚀性泥浆
3	丁基橡胶	HR	-30 ~ 100	抗腐蚀、抗磨损，绝大多数的无机酸和酸液
4	丁腈橡胶	NBR	-30 ~ 90	水、油品、废液等
5	三元乙丙橡胶	EPDM	-40 ~ 120	盐水、40% 硼水、5% ~ 15% 硝酸及氯化钠
6	氯磺化聚乙烯合成橡胶	CSM	-20 ~ 100	耐酸性好
7	硅橡胶	SI	-70 ~ 200	耐高温、耐低温、电绝缘性好、化学惰性大
8	氟橡胶	FPM (Viton)	-23 ~ 200	耐介质腐蚀优于其他橡胶，耐辐射、耐酸
9	防爆氟橡胶(AED)	Viton (AED)	-46 ~ 200	用于抗爆减压场合
10	全氟橡胶	Kalrez	≤300	醚类、氨基化合物、酮类、氧化剂、强酸、强碱、有机溶剂、蒸汽等
11	聚四氟乙烯	PTFE	-196 ~ 200	耐热、耐寒性优，耐一般化学溶剂和几乎所有液体
12	增强聚四氟乙烯	R-PTFE	-196 ~ 200	耐热、耐寒性优，耐一般化学溶剂和几乎所有液体
13	可溶性聚四氟乙烯	PFA	≤180	多种浓度硫酸、氢氟酸、王水、高温浓硫酸、各种有机酸、强碱等
14	聚全氟乙丙烯	FEP	≤150	高温下有极好的耐化学品性、耐阳光性、耐候性
15	聚偏氟乙烯	PVDF	-40 ~ 150	耐化学品性、耐阳光性、耐候性好、是强度最高和最硬的氟塑料
16	聚三氟氯乙烯	PCTFE	-200 ~ 200	耐化学品性很好，耐阳光性，耐候性及低温性能好
17	—	VESPEL	-254 ~ 204	低温性能好
18	聚烯烃	PO	≤100	耐各种强度的酸、碱、盐及某些有机溶剂的腐蚀，耐冲蚀、防静电
19	聚丙烯	PD	-70 ~ 100	耐化学品性和耐应力开裂性极好，耐候性差
20	聚醚醚酮	PEEK	-46 ~ 300	高强度耐高温树脂，力学性能优异有出色的耐磨性和尺寸稳定性
21	对位聚苯	PPL	≤300	耐高温性能好
22	尼龙	Nylon	≤80	耐碱、氨

(5) 密封剂密封 有些阀门配有一种密封剂注入设备，可定期向阀座和阀杆注入密封剂，从而在较长时间内保证有效的密封。阀门关闭之后，注入阀门密封面之间的密封剂可堵塞泄漏通道。油封旋塞阀和压力平衡旋塞阀就是完全依赖

这种密封方式的金属阀座阀门，压力平衡旋塞阀如图 4-30 所示。其他阀门（如管线球阀）在原有的密封失效后，也可采用注入密封剂的方法提供一个临时紧急密封，如图 4-31 所示。

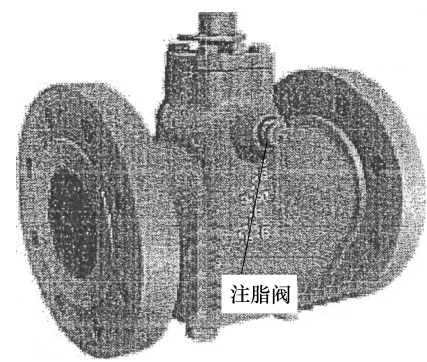


图 4-30 压力平衡旋塞阀

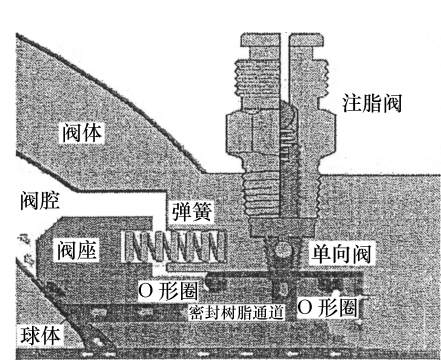


图 4-31 管线球阀阀座紧急密封结构

2. 内件-密封面组合

(1) 阀杆 阀杆在阀门开启和关闭的过程中，承受拉力、压力和扭矩的作用，并与介质直接接触，和填料也有相对摩擦运动，故要求阀杆具有一定的刚度、强度、耐腐蚀性和耐擦伤性。阀杆常用材料及技术要求见表 4-22。

表 4-22 阀杆常用材料及技术要求

阀门使用条件			常用材料牌号	技术要求
压力	温度/℃	适用介质		
低中压	≤300	水、蒸汽、油品	35	≤187HBW
中高压	≤450	水、蒸汽、油品	40Cr	28 ~ 32HRC
中高压	≤450	弱腐蚀性介质	12Cr13、20Cr13、14Cr17Ni2	240 ~ 280HBW
		腐蚀性介质	12Cr18Ni9	晶间腐蚀试验
		腐蚀性介质	06Cr19Ni10、022Cr19Ni10	晶间腐蚀试验
		腐蚀性介质	06Cr17Ni12Mo2、022Cr17Ni12Mo2	晶间腐蚀试验
		腐蚀性介质	06Cr18Ni11Ti	晶间腐蚀试验
	≤315	腐蚀性介质	05Cr17Ni4Cu4Nb	28 ~ 32HRC
		腐蚀性介质	07Cr15Ni7Mo2Al	≥40HRC
	≤550	高温介质	25Cr2Mo1V	240 ~ 280HBW
	≤550	高温介质	38CrMoAl	270 ~ 310HBW
	≤650	高温介质	40Cr10Si2Mo	250 ~ 300HBW
		油品、天然气	AlSi 4140	正火 + 回火
	≤450	弱腐蚀性介质	410、420	200 ~ 275HBW
		腐蚀性介质	304	晶间腐蚀试验

(续)

阀门使用条件			常用材料牌号	技 术 要 求
压力	温度/℃	适用介质		
		腐蚀性介质	316	晶间腐蚀试验
		腐蚀性介质	304L	晶间腐蚀试验
		腐蚀性介质	316L	晶间腐蚀试验
		腐蚀性介质	321	晶间腐蚀试验
	≤315	腐蚀性介质	F51	≤31HRC
	≤315	腐蚀性介质	630	28 ~ 32HRC
	≤600	腐蚀性介质	660	24 ~ 28HRC
	≤700	强腐蚀性介质	Inconel 718	32 ~ 36HRC
	≤482	强腐蚀性介质	Monel K-500	28 ~ 32HRC

(2) 阀杆/密封面组合 常用阀杆/密封面组合见表 4-23。

表 4-23 常用阀杆/密封面组合

序号	阀 杆 材 料	密封面材料	序号	阀 杆 材 料	密封面材料
1	12Cr13	12Cr13/12Cr13	20	321	321/321
2	12Cr13	12Cr13/PT1102	21	321	321/PT1101
3	12Cr13	PT1101/PT1102	22	321	PT1101/PT1102
4	12Cr13	12Cr13/Monel	23	12Cr18Ni9	12Cr18Ni9/12Cr18Ni9
5	17-4PH	PT1101/PT1102	24	12Cr18Ni9	12Cr18Ni9/PT1101
6	17-4PH	17-4PH/17-4PH	25	12Cr18Ni9	PT1101/PT1102
7	Monel	Monel/Monel	26	06Cr17Ni12Mo2Ti	06Cr17Ni12Mo2Ti/ 06Cr17Ni12Mo2Ti
8	304	304/304	27	06Cr17Ni12Mo2Ti	06Cr17Ni12Mo2Ti/PT1101
9	304	304/PT1101	28	06Cr17Ni12Mo2Ti	PT1101/PT1102
10	304	PT1101/PT1102	29	20 钢	20 钢/20 钢
11	316	316/316	30	Hastelloy B	Hastelloy B/Hastelloy B
12	316	316/PT1101	31	Hastelloy C	Hastelloy C/Hastelloy C
13	316	PT1101/PT1102	32	F51	F51/F51
14	304L	304L/304L	33	F51	F51/PT1101
15	304L	304L/PT1101	34	38CrMoAlA	PT1101/PT1102
16	304L	PT1101/PT1102	35	25Cr2Mo1VA	PT1101/PT1102
17	316L	316L/316L	36	4Cr10Si2Mo	PT1101/PT1102
18	316	316L/PT1101	37	4Cr14Ni14W2Mo	PT1101/PT1102
19	316L	PT1101/PT1102	38	Inconel	Inconel/Inconel

(3) 阀杆/阀杆螺母、上密封座配比 API 600 列入的常用钢制闸阀阀杆/阀杆螺母、上密封座配比见表 4-24。

表 4-24 API 600 列入的常用钢制闸阀阀杆/阀杆螺母、上密封座配比

内件号	阀杆/阀杆螺母			上密封座 硬度/HBW
	材料类型 ^①	标准规范类型	阀杆硬度/HBW	
1	13Cr	ASTM A276-T410 或 T420	最小 200，最大 275	最小 250
2	18Cr-8Ni	ASTM A276-T304	②	②
3	25Cr-20Ni	ASTM A276-T310 ^①	②	②
4	13Cr	ASTM A276-T410 或 T420	最小 200，最大 275	最小 250
5	13Cr	ASTM A276-T410 或 T420	最小 200，最大 275	最小 250
5A	13Cr	ASTM A276-T410 或 T420	最小 200，最大 275	最小 250
6	13Cr NA	ASTM A276-T410 或 T420 NA	最小 200，最大 275 NA	最小 250 NA
7	13Cr NA	ASTM A276-T410 或 T420 NA	最小 200，最大 275 NA	最小 250 NA
8	NA	ASTM A276-T410 或 T420 NA	最小 200，最大 275 NA	最小 250 NA
8A	13Cr NA	ASTM A276-T410 或 T420 NA	最小 200，最大 275 NA	最小 250 NA
9	Ni-Cu 合金	MFG 标准	②	②
10	18Cr-8Ni-Mo	ASTM A276-T316	②	②
11	Ni-Cu 合金 NA	MFG 标准 NA	② NA	② NA
12	18Cr-8Ni-Mo NA	ASTM A276-T316 NA	② NA	② NA
13	19Cr-29Ni	ASTM B473	②	②
14	19Cr-29Ni NA	ASTM B473 NA	② NA	② NA
15	18Cr-8Ni	ASTM A276-T304	②	②
16	18Cr-8Ni-Mo	ASTM A276-T316	②	②
17	18Cr-10Ni-Cb	ASTM A276-T347	②	②
18	19Cr-29Ni	ASTM B473	②	②

① 不允许采用 13Cr 易切削钢。

② 制造商的标准硬度。

(4) 常用内件组合耐磨损和擦伤性能 常用内件组合耐磨损和擦伤性能见表 4-25。

表 4-25 常用内件组合耐磨损和擦伤性能

材料类别	304SS	316SS	青铜	Inconel	Monel	Hastelloy B	Hastelloy C	钛	镍	Alloy 20	17-4PH	ENP	Cr	铝青铜
304SS	P	P	F	P	P	P	F	P	P	P	F	F	F	F
316SS	P	P	F	P	P	P	F	P	P	P	F	F	F	F
青铜	F	F	S	S	S	S	S	S	S	S	F	F	F	F
Inconel	P	P	S	P	P	P	F	P	F	F	F	F	F	S
Monel	P	P	S	P	P	P	F	F	F	F	F	F	F	S
Hastelloy B	P	P	S	P	P	P	F	F	S	F	F	F	F	S
Hastelloy C	F	F	S	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	S
钛	P	P	S	P	F	F	F	P	F	F	F	F	F	S
镍	P	P	S	F	F	S	F	F	P	P	F	F	F	S
Alloy 20	P	P	S	F	F	F	F	F	P	P	F	F	F	S
17-4PH	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	P	S	S	S
ENP	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	S	P	S	S
Cr	F	F	F	F	F	S	S	F	F	F	S	S	P	S
铝青铜	F	F	F	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	P

注：S——满意，F——尚可，P——不好。

3. 波纹管材料

波纹管材料常用于有毒、有害及易泄漏气体的阀杆密封，与填料实现双重密封功能，也可用于阀座在交变温度中实现预紧力的连续性补偿，如图 4-32 所示。单层波纹管材料是最常见的，但是多层（成型）波纹管材料也经常采用。波纹管材料的使用性能取决于波纹管材料的制造质量。波纹管材料的退变、焊接不均匀、成型后波形不规则和残余损伤都能引起局部部位的高应力，从而导致波纹管材料的过早破坏。波纹管材料增加使用寿命最有效的方法是减少阀杆的行程，即使减少很少的行程都能增加使用寿命 2~4 倍。阀门常用波纹管材料见表 4-26。

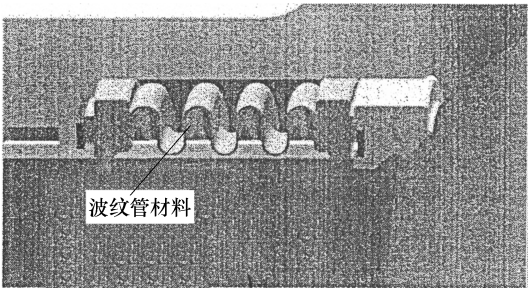


图 4-32 波纹管材料阀座（上海开维喜阀门集团有限公司提供）

表 4-26 阀门常用波纹管材料

材料名称	材料牌号	材料标准
不锈钢	06Cr18Ni11Ti	GB/T 3089—2008 GB/T 3280—2007 GB/T 4238—2007
	06Cr19Ni10	
	022Cr19Ni10	
	06Cr17Ni12Mo2	
	022Cr17Ni12Mo2	
耐蚀合金	GH4169	GB/T 14992—2005
	NS111	YB/T 5354—2012
	NS321	
	Ni68Cu28Fe	—
	00Cr16Ni75Mo2Ti	
镍基合金	Inconel 600	按 ASTM 标准
	Inconel 625	
	Inconel 718	
	Inconel X-750	
	Incoloy 800	
	Incoloy 825	

4.6 密封材料

1. 阀杆用填料密封

（1）盘根类别及使用性能 大部分阀门是利用填料环来使阀杆密封的。要达到阀杆处的有效密封，最主要的是在使用条件下，采用适当的填料形式和合适的填料。

选择填料必须考虑如下方面：

- ① 填料的制作。
- ② 阀门的设计压力。
- ③ 阀门的设计温度。
- ④ 最低工作温度。
- ⑤ 填料的尺寸。
- ⑥ 阀杆材料等。

阀门用阀杆填料主要有盘根填料和成型填料，图 4-33 所示为编织盘根外观。

盘根由碳纤维、芳纶纤维和 PTFE 纤维等有机、无机纤维线编织而成，盘根的构成如图 4-34 所示，编织方法有袋编织、格子编织和八字编织等（表 4-27）盘根编织材料的特性（华尔卡公司）见表 4-28。

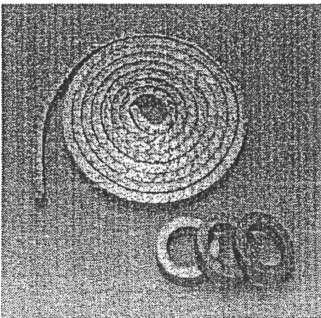


图 4-33 编织盘根外观

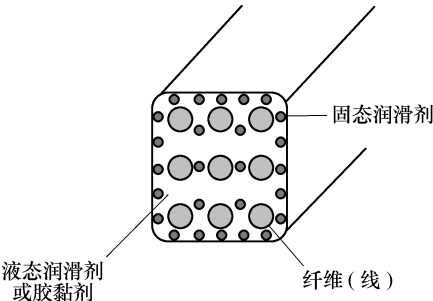


图 4-34 盘根的构成

表 4-27 盘根编织方法

编制方法	八字 编 织	袋 编 织	格子 编 织
构造图			
概要	不是由整条编线编织而成。 编线较松弛、柔软	用编线反复将中芯包覆而成。 比较柔软，密度高，表面细密	编线斜穿密封圈，呈格子状编织成牢固的构造。 避免编线因磨损而发生松弛、损坏。盘根密度高，耐渗漏性好

表 4-28 盘根编织材料的特性（华尔卡公司）

分 类	特 性	华尔卡 编号	最高 温度/℃	最高公称 压力(CLASS)	pH 值	备 注
碳纤维类	具有耐热性、 耐 蚀 性、耐 磨 性、高导热性	6232	260	600	0 ~ 14	碳纤维用 PTFE 乳液、润滑 油及石墨粉处理后编织的盘根
		6267	350	900	0 ~ 14	碳纤维用石墨处理后编织 的盘根（也可用作顶底环）
氟树脂类 (PTFE)	优良的耐蚀 性、适用于强腐 蚀性流体密封	7233	260	600	0 ~ 14	PTFE 纤维用 PTFE 乳液处 理后编织的盘根
特殊纤维类 (芳纶纤维 + 无机纤维)	具有与石棉 相当的耐蚀性， 白色，适用于 防污染的阀门	8133	260	600	2 ~ 13	芳纶纤维与人造无机纤维的 混纺线用 PTFE 乳液、无机填 充材料处理后编织的盘根
		8133L ^①	260	600	2 ~ 13	芳纶纤维与人造无机纤维 的混纺线用 PTFE 乳液、无 机填充材料及润滑油处理后 编织的盘根
石墨类 (柔性石墨)	具有耐热性、 耐蚀性、高导热 性，适用于高 温、高压阀门	VF-20	650(400 ^②)	2500	0 ~ 14	铬镍线用增强石墨处理后 编织盘根。VF-20 用润滑油 处理后编织盘根
		VF-20L	650(400 ^②)	2500	0 ~ 14	
		VFC-25	650(400 ^②)	2500	0 ~ 14	石墨-碳纤维-铬镍合金线混 合编织，表面经特殊处理后编 织盘根（也可用作顶底环）
		VFX15	650(400 ^②)	1500	0 ~ 14	
金属类	具有良好的耐 热性和导热性	VFT-22	260	600	0 ~ 14	石墨线用金属线增强后编 织盘根
		1110	350	1500	0 ~ 14	石墨和润滑油处理后的铝 带编织成的螺旋状盘根（也 可用作顶底环）

① 气体类流体，使用 8133L。

② 空气等氧化性环境中的温度极限。

（2）盘根选用要点

1）温度。盘根的使用温度取决于它的编织材质，高温使用还要考虑其导热性，可降低填料部位的温度。PTFE 盘根应注意 200℃ 以上使用时的高热膨胀及低温下的收缩。

2）压力。随着压力地不断增加，阀杆密封盘根的圈数见表 4-29。表中括号内为密封圈的个数，括号外为另加顶底环后的个数。盘根圈数过多，会导致阀杆转矩加大，而且压紧力递减加剧，密封效果难以改善。间隔环的适用举例如图 4-35 所示。

表 4-29 阀杆密封盘根的圈数

公称压力 (CLASS)	数量/个	公称压力 (CLASS)	数量/个
150	4	900	8 (6)
300	6 (5)	1500	10 (6)
600	7 (5)	2500	12 (7)

3) 流体的性质。选择盘根时，必须考虑其耐蚀性；另外，如用作气体密封，则比液体还要困难，为此有必要提高紧固面的压力，并采用添加浸渍剂的盘根或插入间隔环等方式来加强密封。对于控制流量的调节阀，需要经常微调、开闭，因此应选用润滑性及耐磨性较好的盘根，盘根中应添加润滑油、石墨和二硫化钼等润滑剂。间隔环的材料通常是 PTFE、PVDF 或改性 PTFE 板等，其厚度为 1~3mm。阀门用盘根密封的紧固面压力见表 4-30。

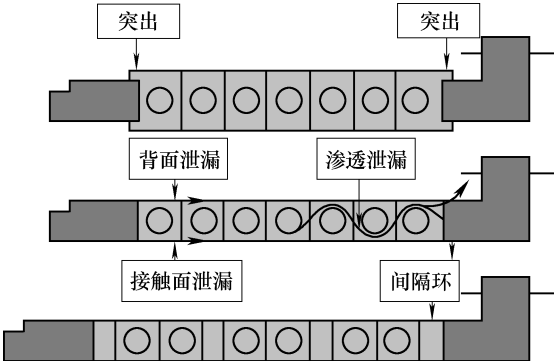


图 4-35 间隔环的适用举例

表 4-30 阀门用盘根密封的紧固面压力 (单位: MPa)

主 要 用 途	华尔卡 (No.)	公称压力 (CLASS)					
		150	300	600	900	1500	2500
通用	8133/8133L	19. 6		24. 5			
	VFT-22	24. 5					
耐腐蚀	7233	19. 6					
高温、高压用	VFX-15	24. 5		39. 2		58. 8	
	VFC-25 + VF-20	24. 5		29. 2			
控制阀门用	6399L + VF-20L	19. 6		24. 3		39. 2	
	VFC-25 + VF-20LF	19. 6		34. 3			

注：盘根要逐个压紧，压紧后应用手转动阀杆（不能转动时要松开紧固），相邻盘根切口要错开 90°~120°。

- (3) 按流体类型选用盘根 按流体类型分类的阀杆用盘根适用表见表 4-31。
- (4) 成型填料 成型填料主要有 V 形聚四氟乙烯、柔性石墨填料环和 O 形密封圈。

表 4-31 按流体类型分类的阀杆用盘根适用表

项 目	适用流体	等级: ANSI	组合案例
水类 流体	清水, 海水, 工业用水, 热水, 锅炉给水, 浆液, 饱和和蒸汽, 加热蒸汽, 排水, 中性盐类水溶液, 氯化钠, 硝酸钠等	水类流体	① (空气中 400℃) No.VFC-25 No.VF-20 ② (空气中 400℃) No.VFX-15 ③ No.VFT-22
		油类流体-1	① (空气中 400℃) No.VFC-25 No.VF-20 ② (空气中 400℃) No.VFX-15 ③ No.VFT-22
油类 流体	一般矿物油, 汽油, 轻油, 石脑油, 重油, 煤油, 焦油, 原油, 燃料油, 油气, 动、植物油	实际选择时, 根据实际运用, 有时会 and 上述选择事例不同	实际选择时, 根据实际运用, 有时会 and 上述选择事例不同

(续)

项 目	适用流体	等级: ANSI	组合案例
油类 流体	热油, 但硝酸钠等熔融盐 (HTS) 除外	油类流体 - 2 实际选择时, 根据实际运用, 有时会 and 上述选择事例不同	
气体 类流体	不可燃性气体: 二氧化 碳、氮气或空气等 可燃性气体: 甲烷或乙 烷, 丙烷, 乙炔, 氢气等	气体类流体 - 1 实际选择时, 根据实际运用, 有时会 and 上述选择事例不同	

项 目	适用 流 体	等 级：ANSI	组 合 案 例
气 体 类 流 体	助燃性 气体：氧 气 或 臭 氧 等	气体类流体-2 压力等级 /MPa 流体温度 /℃ ① 润滑油处理 No.7233-FO 注：一定要与 PTFE 间隔圈合用	No. 7233 ① No. 7010 (PTFE 间隔圈)
	液化 气，LPG 或 LNG，液 氮 等	气体类流体-3 压力等级 /MPa 流体温度 /℃	No. VFC-25 No. VF-20 No. 1110 No. VF-20

(续)

(续)

项目	适用流体	等级: ANSI	组合案例
溶剂类流体	芳香烃: B、T、X 等, 醇类、酮类、醚类、胺类	溶剂类流体 CLASS 2500 四氟盘根或有机无机纤维混 纺盘根 No.7233 或 No.8133 CLASS 1500 CLASS 900 CLASS 600 CLASS 300 CLASS 13 石墨盘根 VFX-13 ① ② No. VFX-15 No.7233 或 No.8133 压力等级/MPa 43.1 25.9 17.2 15.5 10.3 5.17 0 流体温度/°C -200 0 150 260 300 350 400 550 650	① (空气中 400°C) No. VFX-15 ② (空气中 400°C) No.7233 或 No.8133
腐蚀性流体	有机酸: 醋酸、乳酸等, 碱类: 氢氧化钠等	腐蚀性流体-1 CLASS 2500 碳纤维石墨组合盘根 No.6267+VF-20 CLASS 1500 四氟盘根 No.7233 CLASS 900 CLASS 600 CLASS 300 CLASS 13 石墨组合盘根 No. VFC-25+No. VF20 ① ② ③ No. VFC-25 No. VF-20 No. 6267 No. VF-20 No.7233 压力等级/MPa 43.1 25.9 17.2 15.5 10.3 5.17 0 流体温度/°C -200 0 150 260 300 350 400 550 650	① (空气中 400°C) No. VFC-25 No. VF-20 ② (空气中 400°C) No. VFC-25 No. VF-20 ③ (空气中 400°C) No. 6267 No. VF-20 No.7233

实际选择时, 根据实际运用, 有时会和上述选择事例不同

实际选择时, 根据实际运用, 有时会和上述选择事例不同

项 目	适 用 流 体	等 级：ANSI	组 合 案 例
腐蚀性 流体	强酸，硫酸·硝酸，盐 酸·磷酸，铬酸，腐蚀性 气体，氯·溴，碘·硫化 氢，亚硫酸气体等	腐蚀性流体-2 注：如果是气体， No.7233 需用油进 行润滑处理 四氟盘根 CLASS 2500 CLASS 1500 CLASS 900: No.7233 CLASS 600 CLASS 300 压力等级/MPa 流体温度/℃ ① 润滑处理 No.7233-0 No.7233 ①	(续)

注：表列盘根编号为华尔卡公司盘根编号。

1) V 形聚四氟乙烯。V 形聚四氟乙烯具有较大的柔性,在介质压力的作用下会径向伸展,紧贴在周围的约束面上。使用 V 形聚四氟乙烯填料时只需施加一个微小的初始预紧力就能形成良好的密封,但在高压下需注意防止“冷流”的发生。

2) 柔性石墨填料环。JB/T 6617—1993《阀门用柔性石墨填料环 技术条件》对填料环用柔性石墨带(板)的性能(表 4-32)和填料环的物理机械性能指标(表 4-33)做出了规定。

表 4-32 填料环用柔性石墨带(板)的性能

性 能	指 标	性 能	指 标
拉伸强度/MPa	≥3.5	硫含量/ $\times 10^{-6}$	≤1500
灰分/%	≤5.0	氯含量/ $\times 10^{-6}$	≤100

表 4-33 填料环的物理机械性能指标

性 能		指 标		
		单一柔性石墨类	金属复合类	树脂复合类
密度/(g/cm^3)		1.5 ~ 1.7	≥1.7	≥1.5
压缩率/%		10 ~ 25	7 ~ 20	10 ~ 25
回弹率/%		≥35	≥35	≥35
耐温失量/%	250℃	≤0.3	—	≤1.0
	450℃	≤0.8	≤0.6	—
	600℃	≤8.0	≤6.0	—
摩擦系数		≤0.14	≤0.14	≤0.14

(5) 使用填料的注意事项

① 盘根填料切断时用 45°切口,安装时每圈切口应错开 180°。

② 在高压下使用 V 形聚四氟乙烯填料时,需注意防止“冷流”的发生。

③ 柔性石墨填料环在单独使用时密封效果不佳,应与柔性石墨编织填料组合使用,一般为上、下用编织填料,中间用柔性石墨填料环。

④ 石墨填料容易腐蚀不锈钢阀杆,特别是 410(12Cr13)材料制成的阀杆,使用时应选择加缓蚀剂的填料。

⑤ 真空阀门建议使用 V 形聚四氟乙烯填料,并且采用两组组合填料,中间用隔环。一组正装,防止介质向外泄漏;一组反装,防止大气向阀门内泄漏。

⑥ 采用“活载”填料结构时,应在阀门温度和应力交变中,使组合填料的预紧力得到连续性补偿,防止填料预紧力突然失压,以减少阀杆处产生泄漏的可能。

⑦ 氧气阀门需选择无油脂填料。

⑧ 填料环的尺寸精度、表面粗糙度及阀杆表面尺寸精度是影响填料密封性能的关键。

2. 阀杆用低泄漏填料

随着安全生产和环境保护要求的日益迫切,欧美国家均制定了排放的法规要求,如德国颁布了 TA-Luft 法规要求。1990 年美国清洁空气条例修正案规定,对挥发性有机化合物(VOC)等危及清洁空气的逸散和泄漏应得到检验和控制,包括从阀杆处的外漏。因此,越来越多的工程项目要求对阀门进行逸散性试验,常见的阀门逸散性试验标准有 ISO 15848、API 622、TA-Luft、SHELL MESC SPE 77/312 和 GB/T 26481—2011。为了满足阀门逸散性试验的要求,需采用低逸散性的填料或更昂贵的波纹管阀杆。

为此国内外开发了相应的阀杆用低泄漏盘根,其中以美国 SLADE 公司的 3300 系列碳纤维增强石墨编织盘根为低泄漏盘根的典型品种,美国 Garlock 公司的 9000 EVSP 为低泄漏组合填料的典型品种。上述低泄漏盘根和组合填料均已通过 API 622、TA Luft/VDI 2440、Exxon 公司、Shell 公司及 ISO 15146 的考核。本书以此为例,介绍低泄漏盘根和组合填料的性能及其安装要求。

(1) SLADE 3300G 碳纤维增强石墨编织盘根

1) SLADE 3300G 碳纤维增强石墨编织盘根采用高纯度的柔性石墨长丝(纯度不低于 99.26%,灰分不大于 0.76%,可溶性氯、氟离子数量各小于 10×10^{-6}),并使用高强度碳纤维连续长丝增强专利技术,故可充分发挥碳纤维的强度及石墨的弹性(图 4-36)。每根纱线由 0.5mm 厚的石墨作外层,内有 3600 根高强度(600ksi, 1ksi = 6894.76Pa)的碳纤维连续长丝增强(3300G),也可再加入镍铬合金丝增强(3300W)。

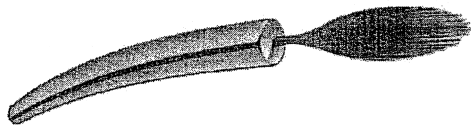


图 4-36 碳纤维增强石墨纱线示意
(SLADE 3300G)

2) SLADE 3300G 碳纤维增强石墨编织盘根适用范围和使用要求如下:

① 适用温度为 $-200 \sim 1000^{\circ}\text{C}$, 530°C 以下无烧损,故不会发生松弛现象,不需要采用碟簧防松弛。

② 适用压力不大于 35.0MPa。

③ 适用介质的 pH 值为 1~14。

④ 盘根的规格较宽泛,维修更换时不必成组更换,损耗成本低。

⑤ 使用圈数不大于五个,盘根强度高,可防挤出,不需要顶底环。

⑥ 石墨连续纱线无断面,自润滑性好,不需要润滑剂。

⑦ 对阀杆及填料函的表面粗糙度要求较低,甚至对磨损阀杆有一定的填充修补作用。阀杆的表面粗糙度 Ra 值不大于 0.9,填料函的表面粗糙度 Ra 值不大

于 2.8, 阀杆的径向摆动度不大于 $\pm 1\text{mm/m}$ 。

3) SLADE 3300G 碳纤维增强石墨编织盘根安装要点如下:

① 使用盘根切割器, 以 45° 角剪下适当的长度。盘根长度 = π [阀杆直径 + 1.5 (盘根尺寸)], 注意盘根应稍有过长。

② 放入切割后的盘根, 并使用最大的扭力拧紧螺钉, 使盘根在填充函中成形, 一般压缩为高度的 20% ~ 28%。不要担心盘根过紧, 越紧越好, 然后用手多次旋转阀杆, 使盘根与阀杆磨合自由。

③ 依次错开切口 90° , 放入第二圈盘根, 重复工序②, 以同样的安装方式安装每一圈盘根。

(2) Garlock 9000 EVSP 组合填料

1) Garlock 9000 EVSP 组合填料的基本设计结构包括七个环, 上、下两个编织端环加五个位于中间的“杯锥状”石墨环。上、下两个编织端环支持五个中间石墨环, 起防止石墨挤出、擦拭阀杆及增加回弹作用。五个中间石墨环中, 上、下两个为凹和凸适配环, 中间三个是起密封作用的密封环。上、下两个适配环为模压成 30° 的高密度石墨环, 如图 4-37 所示。不同角度和密度的石墨环将轴向载荷有效地转化为径向比压, 使 Garlock 9000 EVSP 组合填料获得低泄漏的密封性能。

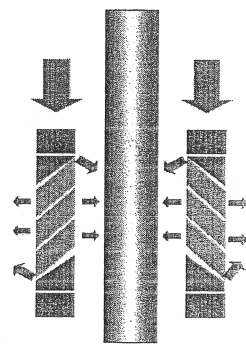


图 4-37 Garlock 900 EVSP 组合填料中适配环示意图

2) Garlock 9000 EVSP 组合填料的技术特性如下:

① 适用温度: $-200 \sim 455^\circ\text{C}$ (空气中), 650°C (蒸汽中)。

② pH 值范围: $0 \sim 14$ (强氧化剂除外)。

③ 适用压力不大于 69.0MPa 。

④ 阀杆的表面粗糙度 Ra 值不大于 0.8, 填料函的表面粗糙度 Ra 值不大于 3.2。当阀杆直径不大于 38mm 时, 其径向摆动度在 $\pm 0.8\text{mm/m}$ 之间; 当阀杆直径不小于 76mm 时, 其径向摆动度在 $\pm 3.2\text{mm/m}$ 之间。

3) 安装要求如下:

① 组合填料横截面尺寸 = (填料函内径 - 阀杆直径) / 2。

按照中间密封环的数量, Garlock 9000 EVSP 组合填料有三种组合:

a. 七环组件。包括三个中间密封环。

b. 六环组件。包括两个中间密封环。

c. 五环组件。包括一个中间密封环。

根据填料函的深度确定环数 (五个、六个或者七个), 在可能使用七环的情况下, 应采用七环组件。

- ② 依次放入底环和中间密封环。
 - ③ 安装顶环并将组合填料压缩至以下深度尺寸：
 - a. 七环组件。1 个横截面尺寸。
 - b. 六环组件。3/4 个横截面尺寸。
 - c. 五环组件。1/2 个横截面尺寸。
 - ④ 根据上述安装要求及压缩深度，压缩系数约为 30%。
 - ⑤ 转动并关闭阀杆，使阀杆的位移量为其横截面直径的 1 ~ 1.5 倍。
 - ⑥ 检查螺栓剩余转矩（或者紧度），然后重新上紧到参考转矩值。
 - ⑦ 重复步骤④和⑤五次以上，或者直到阀杆转动后无明显的螺栓转矩衰减。
- 注：螺栓的转矩值相当于产生填料压紧载荷的 26MPa，或者 1.5 倍的系统压力，取较高值。

3. 填料摩擦力

通过填料压盖或流体压力挤压填料函内的填料以占满阀杆（轴）和填料函内部之间的空间，以阻止流体的泄漏。填料容易黏在阀杆（轴）上，因此必须旋加一个力来抵消填料摩擦力。填料摩擦力与填料尺寸和填料类型有关。典型填料摩擦力见表 4-34。

表 4-34 典型填料摩擦力

阀杆直径/mm	压力等级（CLASS）	填 料 类 型				填料压盖螺栓 拧紧力矩/N·m
		PTFE		浸渍 PTFE 的石棉	石墨	
		单	双			
8	所有磅级	94	140	—	—	—
10	125	170	250	284	—	1.5 ~ 3
	150			284	563	1.5 ~ 3
	250			428	—	2 ~ 4
	300			428	855	2 ~ 4
	600			563	1125	3 ~ 5
	900			720	1440	4 ~ 6
	1500			855	1710	4 ~ 7
12	125	240	350	405	—	3 ~ 5
	150			405	810	3 ~ 5
	250			518	—	4 ~ 6
	300			518	1035	4 ~ 6
	600			720	1440	5 ~ 7
	900			923	2246	6 ~ 10
	1500			1125	2250	8 ~ 12
	2500			1328	2260	9 ~ 13
16	125	284	410	490	—	2 ~ 4
	150			490	960	2 ~ 4
	250			653	—	3 ~ 5
	300			653	1306	3 ~ 5
	600			900	1800	4 ~ 7

(续)

阀杆直径/mm	压力等级（CLASS）	填 料 类 型				填料压盖螺栓 拧紧力矩/N·m
		PTFE		浸渍 PTFE 的石棉	石墨	
		单	双			
20	125	350	540	788	—	6 ~ 10
	150			788	1850	6 ~ 10
	250			990	—	7 ~ 11
	300			990	1980	7 ~ 11
	600			1485	2970	11 ~ 16
	900			1980	3960	14 ~ 22
	1500			2475	4950	18 ~ 27
	2500			2970	5940	22 ~ 33
25	300	470	700	1372	2744	16 ~ 20
	600			1912	3825	18 ~ 27
	900			2385	4770	22 ~ 33
	1500			2950	5900	27 ~ 41
	2500			3465	6930	33 ~ 48
32	300	550	790	1800	3600	18 ~ 27
	600			2475	4950	24 ~ 35
	900			3150	6300	30 ~ 44
	1500			3865	7650	36 ~ 54
	2500			4590	9180	44 ~ 66
50	300	940	1410	2758	5517	22 ~ 34
	600			3881	7762	33 ~ 48
	900			5063	10125	44 ~ 64
	1500			6188	12575	54 ~ 78
	2500			7030	14607	61 ~ 90

4. 垫片

阀门中使用的垫片是指阀体中法兰与阀盖的密封垫。常用的垫片有非金属垫片、半金属垫片及金属垫片三大类。非金属垫片适用于压力较低场合；半金属垫片由金属材料和非金属材料组合而成，如金属缠绕垫片，半金属垫片比非金属垫片承受的温
度和压力范围广；金属垫片全部由金属制作，用于高温、高压场合。

阀门中法兰垫片的尺寸没有标准，垫片的品种、材料、厚度、适用压力及温度范围和相应的法兰表面粗糙度均可参照相关的管法兰垫片标准，本书对此不作详述。当采用聚四氟乙烯垫片时，需考虑防止“冷流”。采用缠绕垫片在结构上要防止垫片压溃，其解决办法是根据密封要求选择内加强型、外加强型或内外加强型的缠绕垫片。垫片的选用在考虑温度和压力的同时，还应考虑介质的腐蚀性。

4.7 特殊密封结构

1. 填料隔环结构

填料隔环结构如图 4-38 所示。

1) 填料隔环结构应用于需要填料检漏、水封、抽真空及注脂等工况。

2) 在阀盖上填料隔环结构所在的位置,应开一个 NPT 螺纹孔,并配备一个螺塞。

3) 通过此螺塞,可以向填料函内注入润滑脂,给填料润滑,以减小阀杆与填料的摩擦,降低扭矩,也可在此处检漏。

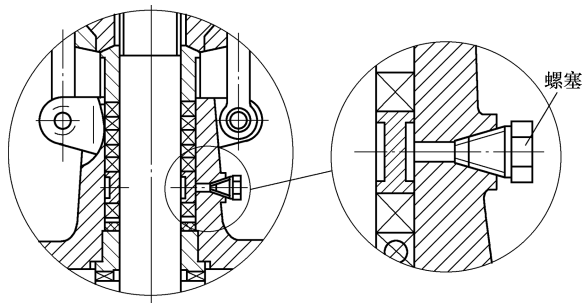


图 4-38 填料隔环结构

4) 带填料隔环结构的阀门,采用石墨填料的真空度可达 $50 \sim 100\text{Pa}$,而采用 PTFE 填料可达到更高的真空度。

2. 活载荷填料密封

活载荷填料密封如图 4-39 所示,其适用于填料密封要求较高的场合。在压盖螺母 3 与压盖间加入锥形蝶簧 2,可以长期保持填料密封不因填料的老化、松弛而降低密封比压。

3. 中法兰引漏结构

中法兰引漏结构如图 4-40 所示。当介质为剧毒或对中法兰密封有特殊需要时,需要从阀盖法兰内、外两进道密封的中间处引漏,进行检测。

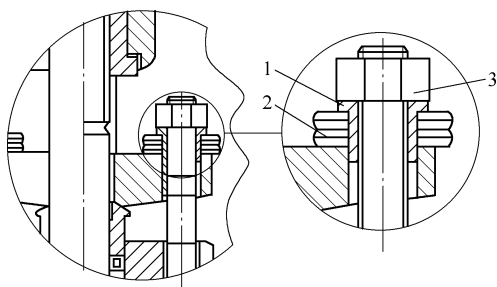


图 4-39 活载荷填料密封

1—套筒 2—锥形蝶簧 3—压盖螺母

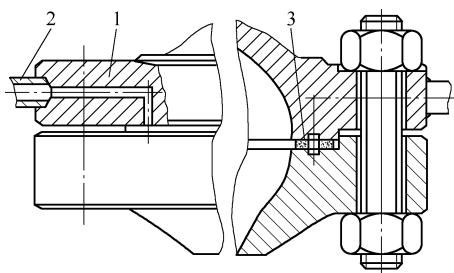


图 4-40 中法兰引漏结构

1—阀盖法兰 2—螺塞 3—阀盖垫片

4. 阀杆波纹管密封结构

阀杆波纹管密封结构如图 4-41 所示,其高危介质、渗透性强的介质及有毒介质等工况下使用。

采用波纹管实现阀杆填料处的零泄漏。

1) 阀杆与波纹管通过密封焊实现零泄漏密封。

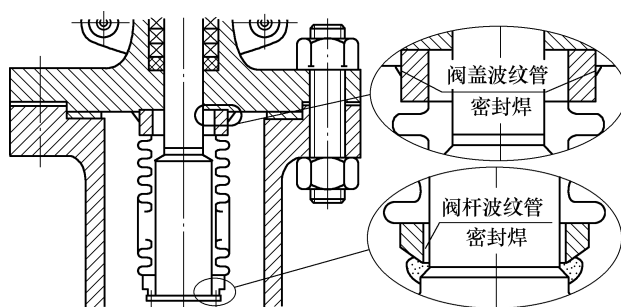


图 4-41 阀杆波纹管密封结构

2) 波纹管的另一端与阀盖焊接或使用密封垫片密封, 这样就可以将介质与阀杆填料隔离。

3) 波纹管阀能达到最低 10^{-7} Torr ($1\text{Torr} = 133.32\text{Pa}$) 的真空度。

5. 密封脂注射结构

密封脂注射结构即在紧急情况下可往阀门注入密封脂, 起到紧急密封作用的结构。在日常维护中往阀门注入润滑脂可以起到润滑作用, 并减小阀门的扭矩。阀门注脂分为阀杆注脂 (4-42) 和阀座注脂 (4-43)。

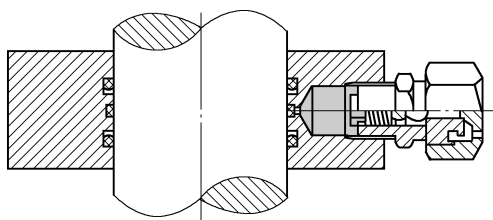


图 4-42 阀杆注脂

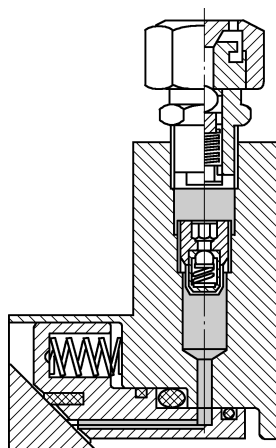


图 4-43 阀座注脂

6. 填料函注油或注水及抽真空结构

1) 注水或注油 (图 4-44) 填料函由上、下两组填料环和中间隔环组成, 在中间隔环处注水或注油, 可有效防止填料的泄漏。

2) 抽真空 (图 4-45) 填料函可以通过引漏管从中间隔环处抽真空。

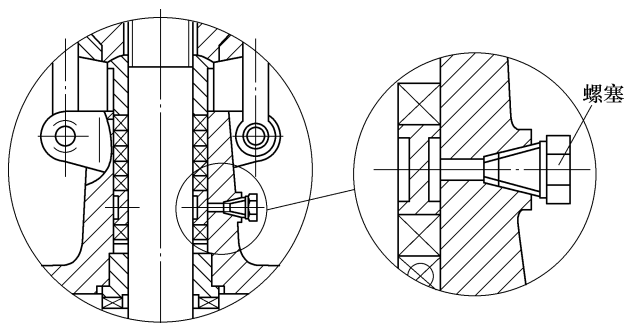


图 4-44 填料函注水或注油结构

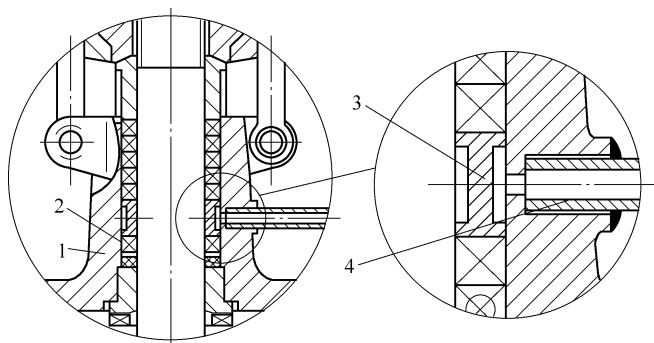


图 4-45 填料函抽真空结构

1—填料函 2—填料 3—隔环 4—螺塞孔

第 5 章 阀门的驱动装置

阀门的驱动形式分为手动操作和自动操作两种。手动操作可以采用手轮、手柄或齿轮驱动（含渐开线少齿差行星传动）；自动操作包括气动、电动、液动及其之间的组合装置。

随着工业生产的发展和操作过程自动化水平的提高，凡是要求集控、遥控和程控的阀门，人无法接近的危险区域的阀门以及必须与其他装置同步操作的阀门，都需要阀门的电、液、气驱动装置。据国外有关资料统计，年处理量为 500 万吨的炼油厂，仅阀门电动装置就多达 1500 台，其应用可见一斑。

5.1 概述

1. 阀门驱动形式分类

（1）按动力源的类型分类 根据动力源的类型，可以分为手动、气动、液动（油压或水压驱动）和电动（电磁或电动机驱动）驱动装置四种形式。近年来，随着长距离输油输气管线技术的发展，气液联动、电液联动以及自力式紧急切断装置的应用也日益增多（图 5-1 ~ 图 5-6）。

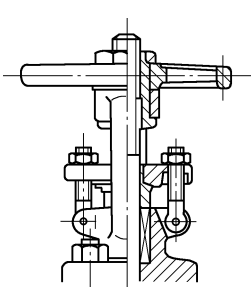


图 5-1 手动手轮装置

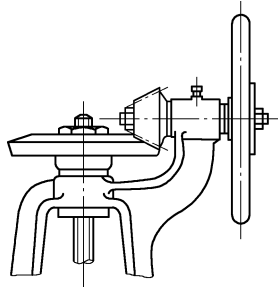


图 5-2 手动齿轮传动装置

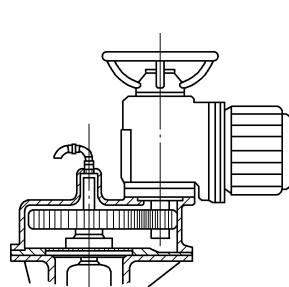


图 5-3 电动装置

（2）按阀杆的运动形式分类 按阀杆的运动形式，阀门驱动装置可以分为多回转阀门驱动装置和部分回转阀门驱动装置两大类。

多回转是指驱动装置输出轴的转动圈数大于 1，如闸阀、截止阀、节流阀和隔膜阀用的驱动装置；部分回转是指驱动装置输出轴的转动圈数小于 1，如球阀、蝶阀和旋塞阀用驱动装置。

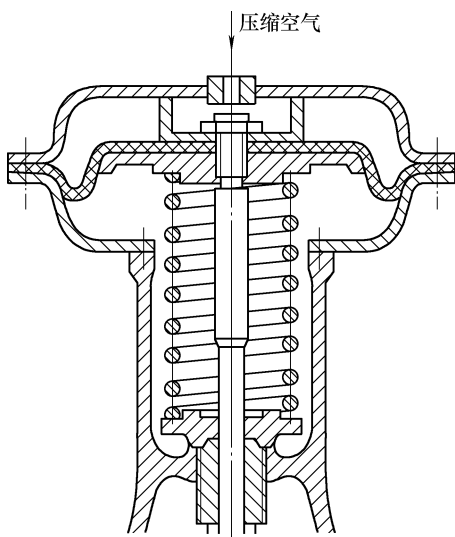


图 5-4 薄膜式气动装置

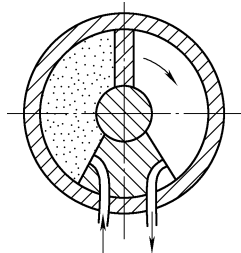


图 5-5 单叶片摆动式气动装置

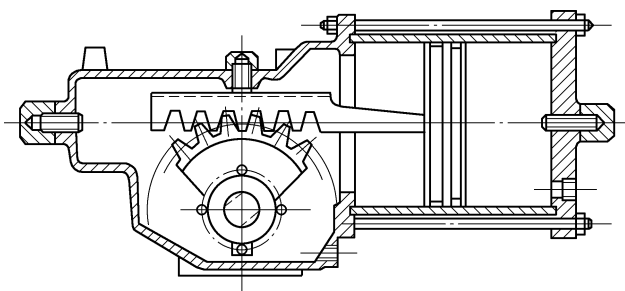


图 5-6 单气缸气动装置结构

目前我国主要有两项阀门驱动装置的连接标准，即 GB/T 12222—2005《多回转阀门驱动装置的连接》和 GB/T 12223—2005《部分回转阀门驱动装置的连接》。该两项标准分别等效采用了 ISO 5210 和 ISO 5211 标准。

《多回转阀门驱动装置的连接》主要适用于闸阀、截止阀、节流阀和隔膜阀用驱动装置与阀门的连接尺寸。《部分回转阀门驱动装置的连接》主要适用于球阀、蝶阀和旋塞阀用驱动装置与阀门的连接尺寸。

2. 阀门驱动装置的特点比较

(1) 手动驱动装置 手动驱动装置是一种最基本的阀门操作机构。一个人用手操作施加力是有限的，因此较小的阀门可以直接手动操作；比较大的阀门，则要在手轮和阀门间加一个齿轮箱，用低于 360N 的轮缘力轻快地操作阀门。手动驱动装置的手轮，大多数安装在低、中压截止阀和闸阀上；手柄则用于高压和

超高压截止阀、球阀及旋塞阀等阀门。

(2) 气动驱动装置 气动驱动装置动作快, 工作可靠, 控制简便, 因此, 广泛地应用于各种遥控和自控的阀门。一般的气动驱动装置采用 $0.4 \sim 0.7 \text{ MPa}$ 的气源工作, 特殊气源的压力高达 $5 \sim 10 \text{ MPa}$, 因此, 可以用外形很小的气动驱动装置打开转矩较大或要求快速动作的阀门。气动驱动装置的使用温度一般为 $-15 \sim 80^\circ\text{C}$, 有的可以在 $-60 \sim 120^\circ\text{C}$ 下操作。气动控制系统通常用压缩空气或氮气作动力源。选择低温阀门时, 采用氮气作为工作介质。

(3) 液动传动装置 阀门的液动传动装置由动力源、控制部分和执行机构三部分组成。动力源的作用是把电动或气动马达的有效功率转变成用于液体传动的流体动力。控制部分由控制阀门 (如压力控制阀、流量控制阀、方向控制阀) 和电气控制系统组成。执行机构有两种: 一种是液压缸执行机构, 实现往复直线运动; 另一种是液压马达执行机构, 实现回转运动。液动传动装置在长输管线上的自然紧急切断阀和井口放喷阀上使用广泛。

液动传动装置的优点如下:

- 1) 结构简单、紧凑, 体积小。
- 2) 输出力大, 传动平稳可靠。
- 3) 容易获得低速或高速, 速度调节方便。
- 4) 能远距离自动控制。
- 5) 由于液压油的黏性而提高效率, 有自润滑及防锈性能。

液动传动装置的缺点是:

- 1) 液压油的温度会引起液压油的黏度发生变化。
- 2) 液压元件和管道易渗漏。
- 3) 配管、维修不方便。
- 4) 不适于对于信号进行各种运算。
- 5) 易燃、易爆工况下不宜使用。

液动传动驱动装置可与电动、气动配合而组成电液、气液联动装置。电液联动装置的优点如下:

- 1) 输出力大。
- 2) 启闭阀门动作迅速。

电液联动装置的缺点如下:

- 1) 价格昂贵。
- 2) 结构复杂。

由于液动传动装置的应用相对不广泛, 所以不作为本书介绍的重点。

(4) 气液联动装置 气液联动装置多用于输气管道、无电源的野外场合, 它的动力源即为管道中的气体。气液联动装置的优点如下:

- 1) 结构紧凑, 传动平稳, 可获得很大的输出转矩。
- 2) 可根据现场的使用情况选择最经济、适用的动力源。
- 3) 通过定压溢流阀可以精确地调整最大输出转矩。
- 4) 调速方便, 调节范围大并且是无级调速。
- 5) 能够适应各种方式自动控制的需要。
- 6) 在阀门驱动系统中可以配蓄能器。

气液联动装置的缺点如下:

- 1) 价格昂贵。
- 2) 结构复杂。

由于气液联动装置的应用相对不广泛, 所以不作为本书介绍的重点。

(5) 电动驱动装置

电动驱动装置在工业生产装置中的应用最为广泛, 将作为本书的重点进行介绍, 详见 5.4 电动驱动装置。

5.2 齿轮驱动装置

1. 多回转齿轮驱动装置

多回转齿轮驱动装置如图 5-7 所示。

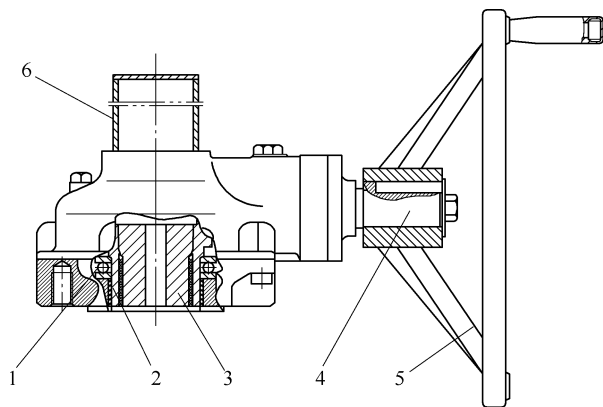


图 5-7 多回转齿轮驱动装置

1—轴承 2—O 形密封圈 3—阀杆螺母 4—输入轴 5—手轮 6—防尘罩

(1) 产品概述 多回转齿轮驱动装置是开闭阀门的重要组成部件, 应用于做多回转运动的闸阀、截止阀、节流阀及隔膜阀等阀杆做直线运动类型的阀门。

该装置由人力操作手轮, 通过锥齿轮正齿轮副等齿轮传动, 使阀杆螺母旋转, 直接驱动阀杆上下移动, 启闭阀门, 起减速增力的作用。手轮上有清晰牢固的旋转

方向标识 [手轮顺时针转向为关 (CLOSE), 逆时针转向为开 (OPEN)]。

多回转齿轮驱动装置可单独与阀门组合, 组成手动阀门; 也可以与电动装置配装, 组成电动阀门。

(2) 结构性能特点

1) 该装置为推力扭矩型, 具有耐推力、输出转矩大及机械传动效率高等特点。

2) 运转操作轻便, 工作可靠, 安装使用方便。输出端法兰符合 ISO 5210 的规定 (也可按客户需要供货)。

3) 根据阀门的特殊需要, 也可提供适合常温型、低温型及高温型多回转齿轮驱动装置。

2. 部分回转齿轮传动装置

部分回转齿轮传动装置如图 5-8 和图 5-9 所示。

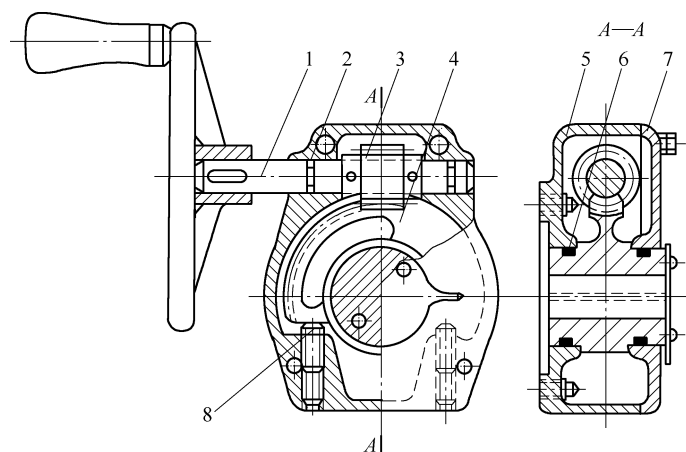


图 5-8 部分回转齿轮传动装置

1—输入轴 2, 6—O 形密封圈 3—蜗杆 4—蜗轮 5—箱体 7—箱盖 8—限位螺钉

(1) 产品概述 部分回转齿轮传动装置是开闭阀门的手动执行器部件, 应用于 90° 回转的蝶阀、球阀及旋塞阀等阀门。

适用工况: 常温型为 $-20 \sim 120^\circ\text{C}$, 低温型为 $-46 \sim 120^\circ\text{C}$, 高温型为 $-30 \sim 160^\circ\text{C}$ 。

部分回转齿轮传动装置由人力操作手轮旋转, 主要通过蜗杆和齿轮减速装置驱动阀门阀杆旋转 90° , 以达到启闭阀门的目的, 并起减速增力作用。操作手轮及装置上有清晰、牢固的旋转方向标识 [手轮顺时针转向为关 (CLOSE), 逆时针转向为开 (OPEN)]。该装置可单独与阀门组合, 组成手动开启阀门; 也可以与电动装置组合配装后, 组成电动执行机构开启阀门。

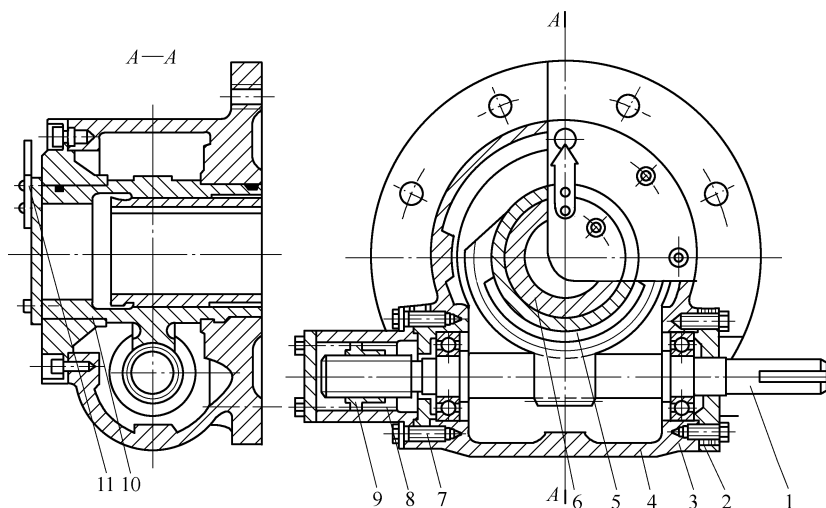


图 5-9 带二级传动的部分回转齿轮传动装置

1—输入轴 2—轴承压盖 3—轴承 4—箱体 5—蜗轮 6—输出轴
7—压盖 8—导向套 9—限位螺母 10—箱盖 11—指针

(2) 结构性能特点

- 1) 具有设计结构合理、输出转矩大、机械效率高及经久耐用等特点。
- 2) 蜗杆传动副具有良好的自锁功能，运转操作轻便，工作可靠，安装使用方便。该装置输出端法兰符合 ISO 5211 国际标准，也可按客户需要的连接法兰尺寸定制。
- 3) 开关指示器直接装在输出蜗轮上，并连接指示盘指针，使指示准确、直观。
- 4) 根据阀门的特殊需要，该装置除常温型外，也可提供低温、高温型部分回转齿轮传动装置。
- 5) 将该装置装在阀门支架法兰上，法兰号应与阀门支架法兰号一致（推荐采用 ISO 5211 国际标准）。

5.3 气动驱动装置

气动驱动装置在防爆要求的场合应用较广，其中薄膜式气动驱动装置主要用在调节阀上。气动驱动装置动作快、工作可靠、控制简便，因此，广泛地应用于各种遥控和自控的阀门上。

图 5-10 所示为典型的气动驱动装置控制系统，由气罐 8 来的压缩空气，经过滤器 6 和减压阀 5，到达电磁分配阀 3，电磁分配阀 3 受控制室的控制把压缩

空气分别输入气缸 2 的上部与下部,从而驱动阀门完成开关操作,阀位的控制由限位开关 1 来完成。系统的管径一般为 4mm、6mm 和 10mm。

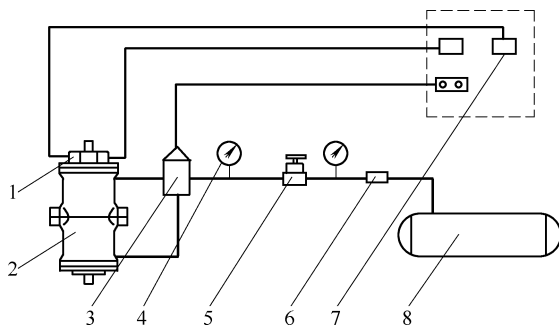


图 5-10 典型的气动驱动装置控制系统

1—限位开关 2—气缸 3—电磁分配阀 4—压力表
5—减压阀 6—过滤器 7—开关 8—气罐

由于控制系统中装有精度较高的电磁阀、减压阀及调节阀等元件,因此,对动力源工作介质的纯度和含水量方面都提出了非常严格的要求。当任何一种微粒落到上述元件的结合面或密封面上时,都会引起故障或使整个装置的密封遭到破坏,故在控制系统中,工作介质的过滤网目应不大于 $5\mu\text{m}$ 。

气体湿度的大小同样会影响控制系统的操作。当压缩气体通过控制系统的一些阀门时,由于产生局部的节流,温度与压力降低,气体中所含的液体可能结霜或结冰,冰粒也会使阀件的密封遭到破坏,或将运动件冻住。空气湿度的允许值可通过露点来确定,实践表明,对于这种控制系统,空气的露点以不高于 -55°C 为适宜。

下面分别介绍各种形式的气动装置。

1. 活塞拨叉式气动装置

活塞拨叉式气动装置的力矩特性比较适合于球阀的阻力矩特性,因此广泛应用于自动控制系统中的各种气动球阀。活塞拨叉式气动装置根据气缸的排列和布置,分为单缸、双缸和四缸三种结构形式。

(1) 单缸活塞拨叉式气动装置 如图 5-11 所示,单缸活塞拨叉式气动装置由活塞 1、气缸 2、滚子 3、拨叉 4、导轨槽 5 和限位螺钉 6 这些主要部件组成。

活塞在工作介质压力的作用下,由活塞杆推动导向滑块,由于导向滑块只能在导轨槽中作往复直线运动,因此,其上的滚子就带动拨叉绕阀杆中心旋转,使阀门完成开关动作。

图 5-12 所示为活塞渐开线型拨叉驱动装置,由于带有滚子 1 的驱动销的下端是支撑在箱体 3 的相应沟槽中的,因此,活塞 4 在工作介质压力的作用下,

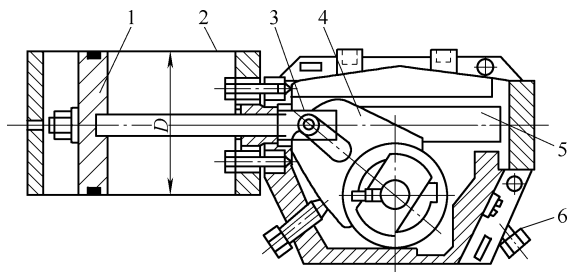


图 5-11 单缸活塞拨叉式气动装置

1—活塞 2—气缸 3—滚子 4—拨叉 5—导轨槽 6—限位螺钉

能保持往复直线运动，滚子 1 与具有渐开线轨迹的拨叉 2 的沟槽相啮合，从而带动拨叉 2 绕轴旋转，使阀门进行开关动作。沟槽为渐开线曲线的拨叉相当于一个凸轮，可把活塞的直线运动转换成 90° 的转动。

根据渐开线的特点，当活塞作往复匀速直线运动时，拨叉绕轴匀速旋转。从受力情况来看，当活塞的直径、工作介质压力以及渐开线的基圆直径确定以后，该机构的输出转矩就是一个恒值，即在 90° 范围内输出转矩保持不变。

这种机构中的活塞不承受径向负荷，活塞杆不用支承是其优点，但却增加了缸体的容积。

(2) 双缸活塞拨叉式气动装置 图 5-13 所示为双缸活塞拨叉式气动装置。它是一种高效率、紧凑型的阀门驱动装置，其输出转矩可达 $115\text{kN} \cdot \text{m}$ 。这种驱动装置带有两个串联的液压缸 3，通过滚子 4 和拨叉 5，把柱塞 2 的直线运动转变

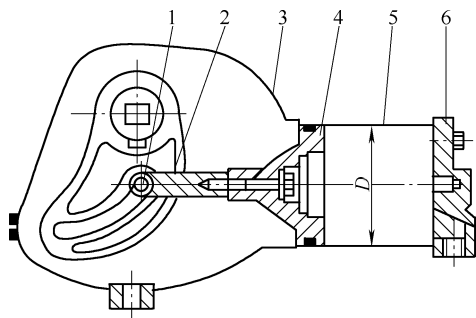


图 5-12 活塞渐开线型拨叉驱动装置

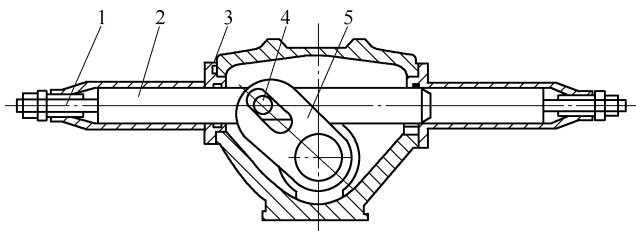
1—滚子 2—拨叉 3—箱体
4—活塞 5—气缸 6—缸盖

图 5-13 双缸活塞拨叉式气动装置

1—调节螺钉 2—柱塞 3—液压缸 4—滚子 5—拨叉

为拨叉 5 的旋转运动，拨叉 5 的旋转角度是通过调节螺钉 1 控制柱塞 2 的位置来实现的，转角的调整范围为 $85^{\circ} \sim 95^{\circ}$ 。

这种气动装置可以根据现场的具体情况选用最经济、最适用的动力源。例如，可以采用电动马达带动油泵给柱塞供油，或者采用气动马达带动油泵给柱塞供油，以及采用中心液压站集中供油等。

此外，这种气动装置的动力源系统还可以配备储能器，当动力源突然中断时，该气动装置可作紧急操作。

(3) 四缸活塞拨叉式气动装置 四缸活塞拨叉式气动装置可用压力为 $0.35 \sim 14\text{MPa}$ 的压缩空气或气体通过气动马达来驱动，其输出转矩可以从十几 $\text{kN} \cdot \text{m}$ 到 $460\text{kN} \cdot \text{m}$ ，几乎可以用来操作任何尺寸及规格的部分回转型阀门。

如图 5-14 所示，这种气动装置的所有传动件是完全密封在一个壳体內的。四个液压缸 8 固定在一个方形的箱体 3 上，两端缸盖用 O 形密封圈 1 密封，缸盖上具有油孔 2，活塞 10 上有两个唇状弹性密封圈 9，拨叉 7 是一个组合件，上、下两块具有同样滑块槽的板用螺栓固定在圆柱形的轮毂上，轮毂套在阀杆 4 上并用键与阀杆连接。轮毂的上、下两端支撑在箱体 3 的轴承上，轴承可以润滑，活塞杆的连接处装有销轴 5，滑块 6 套在销轴 5 上。当阀门安装在不能随意进行开关操作的管道上时，这种结构可以通过拆下拨叉板上的连接螺钉来定期检查驱动装置和控制系统的动作是否正常，不必使阀门动作。

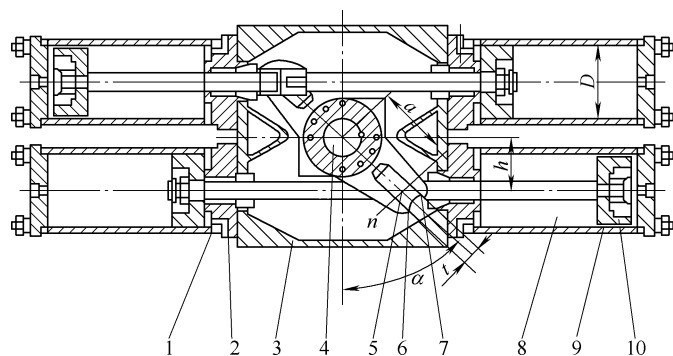


图 5-14 四缸活塞拨叉式气动装置

1—O 形密封圈 2—油孔 3—箱体 4—阀杆 5—销轴 6—滑块
7—拨叉 8—液压缸 9—弹性密封圈 10—活塞

四缸活塞拨叉式气动装置与双缸活塞拨叉式气动装置一样，除了可以采用气动马达带动液压泵，再由液压泵驱动液压油带动活塞以外，还可以采用电动马达以及由中心液压站供油。在利用管道中的气体介质作为动力源来驱动阀门的气液联动装置中，四缸活塞拨叉式气动装置用得最普遍。

2. 活塞齿条式气动装置

活塞齿条式气动装置是一种古老的气动装置，它可用于各种工作介质的阀门。由于这种气动装置有以下一些优点，因此，目前仍然用得很普遍。

1) 外形尺寸较小且能得到很大的输出扭矩。这种驱动装置的输出扭矩范围，从十几 $\text{kN} \cdot \text{m}$ 一直到 $150\text{kN} \cdot \text{m}$ （油压为 21MPa ）。

2) 结构简单且具有良好的加工工艺性。活塞齿条式气动装置按结构分，有单活塞单齿条和双活塞双齿条两种基本结构。

(1) 单活塞单齿条气动装置

如图 5-15 所示，单活塞单齿条气动装置由齿条 1、齿轮 2、导向杆 3、活塞 4、气缸 5 以及定位螺钉 6 组成。齿条的支撑不但要承受齿面的反作用力，而且要防止齿条扭转，因此，齿轮的表面都比较宽。这种驱动装置可推荐用于低压、大口径（ $DN > 100\text{mm}$ ）的球阀上。

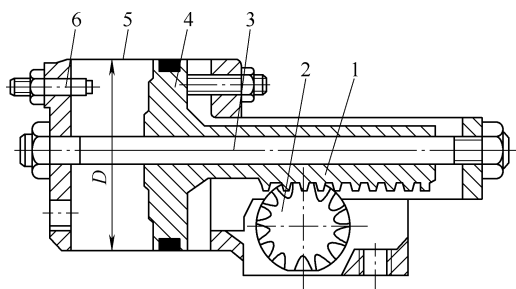


图 5-15 单活塞单齿条气动装置

1—齿条 2—齿轮 3—导向杆
4—活塞 5—气缸 6—定位螺钉

单活塞单齿条气动装置的缺点是：

- 1) 支撑齿轮的轴承要承受径向负荷。
- 2) 受力不对称，因仅在齿轮的一边施以圆周力。

单活塞单齿条气动装置的输出扭矩为一个恒定值。

(2) 双活塞双齿条气动装置 图 5-16 和图 5-17 所示为双活塞双齿条气动装置的两结构原理。

图 5-16 中的两个活塞 1 是同轴的，齿条 3 对称布置在齿轮 2 的两侧，齿条 3 背面靠气缸 4 的内壁导向，活塞 1 的行程由调节螺钉 5 控制。图 5-17 和图 5-16 相

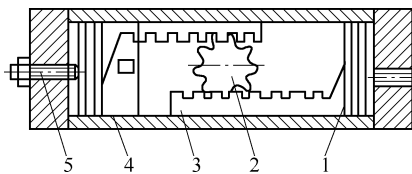


图 5-16 双活塞双齿条气动装置(结构原理一)

1—活塞 2—齿轮 3—齿条
4—气缸 5—调节螺钉

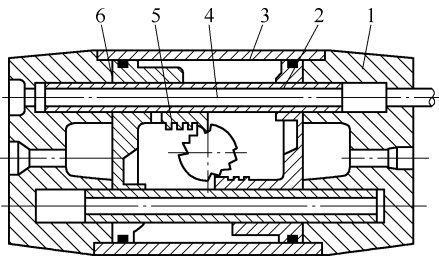


图 5-17 双活塞双齿条气动装置(结构原理二)

1—缸盖 2—活塞 3—气缸
4—齿轮 5—齿条 6—空心拉杆

比所不同的是：与活塞2紧密配合的两根空心拉杆6分别插入缸盖1的相应孔中，当活塞2左右移动时，空心拉杆6沿着相应的孔也左右运动。这样，两根空心拉杆既起导向作用，又起防转作用。

活塞和齿条对称布置的双活塞双齿条气动装置结构是比较合理的，因为它没有单活塞单齿条气动装置所存在的缺点。从图中可以看出，活塞的同轴布置可以得到最紧凑且工艺性良好的结构，但它只适用于空气压力比较低的场合，这是由轮齿啮合的强度条件所决定的。

5.4 电动驱动装置

1. 电动驱动装置的分类及基本结构

(1) 电动驱动装置的分类

1) 按输出方式分类。电动驱动装置按输出方式分类见表5-1。

表 5-1 电动驱动装置按输出方式分类

类 型	定 义	适 用 范 围
多回转型 (Z 型)	电动驱动装置向阀门传递转矩时，输出轴至少旋转一圈	用于升降式杆类阀门，主要包括闸阀、截止阀、节流阀及隔膜阀等
部分回转型 (Q 型)	电动驱动装置向阀门传递转矩时，输出轴的旋转圈数少于一圈	用于通常在 90°范围内启闭的阀门，主要包括球阀、旋塞阀及蝶阀等

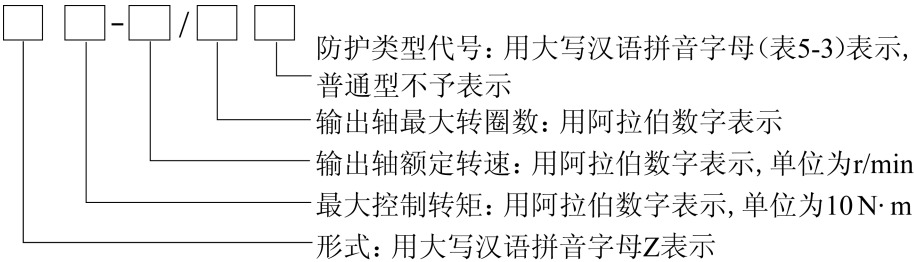
2) 按控制模式分类。见表5-2。

表 5-2 电动驱动装置按控制模式分类

类 型	工 作 制 式	时 间 定 额	工 作 次 数
开关型(开环控制)	S2 短时工作制	10min、15min、30min 等	
调节型(闭环控制)	S5 断续周期工作制		600 次/h、900 次/h、1200 次/h 等

(2) 电动驱动装置型号表示方法

1) 多回转型电动驱动装置型号的表示方法如下：



2) 部分回转型电动驱动装置型号的表示方法如下:

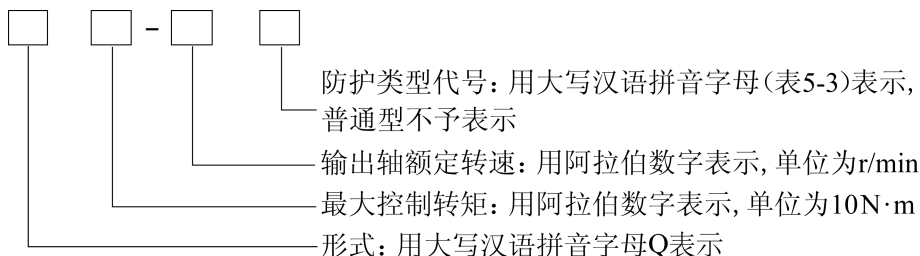


表 5-3 主要防护类型代号

代 号	防 护 类 型
W	户外型
B	防爆型
S	防辐射型

3) 型号表示示例。用于闸阀、截止阀、节流阀和隔膜阀, 最大控制转矩为 $1800\text{N} \cdot \text{m}$, 输出轴额定转速为 18r/min , 输出轴最大转圈数为 80 圈, 防爆型电动驱动装置, 其型号表示为 Z180-18/80B。

用于球阀、旋塞阀和蝶阀, 最大控制转矩为 $1200\text{N} \cdot \text{m}$, 输出轴额定转速为 2r/min , 普通型电动驱动装置, 其型号表示为 Q120-2。

(3) 电动驱动装置的基本结构 典型电动驱动装置结构如图 5-18 ~ 图 5-20 所示。

电动驱动装置一般由下列部件组成:

1) 阀门专用电动机。电动驱动装置所使用的电动机是经过专门设计的阀门专用电机, 它具有高转矩、低惯性等特点, 并采用短时工作制, 这是由阀门工作特性所决定的。

2) 减速机构。多回转型电动驱动装置一般采用一级齿轮、一级蜗轮或蜗杆减速。部分回转型电动驱动装置一般采用圆柱行星齿轮或二级蜗轮蜗杆传动。

3) 转矩控制机构。电动驱动装置在操作过程中, 当操作转矩达到规定值时, 转矩控制机构动作使电动装置停止, 其结构形式一般为蜗杆窜动式。

4) 行程控制机构。在采用电动驱动装置操作阀门时, 利用行程控制机构可以准确地控制阀门开启和关闭的位置。计数进位齿轮传动式行程控制机构的控制精度高, 调整方便, 其系统惯性也不会引起微动开关误动作, 所以已广泛应用于电动驱动装置上。

5) 位置指示机构。一般有就地的机械位置指示机构以及控制器或控制室中有开度表的远程指示机构。

6) 手动操作机构。电动驱动装置应是电动操作的, 但是在发生事故的情况

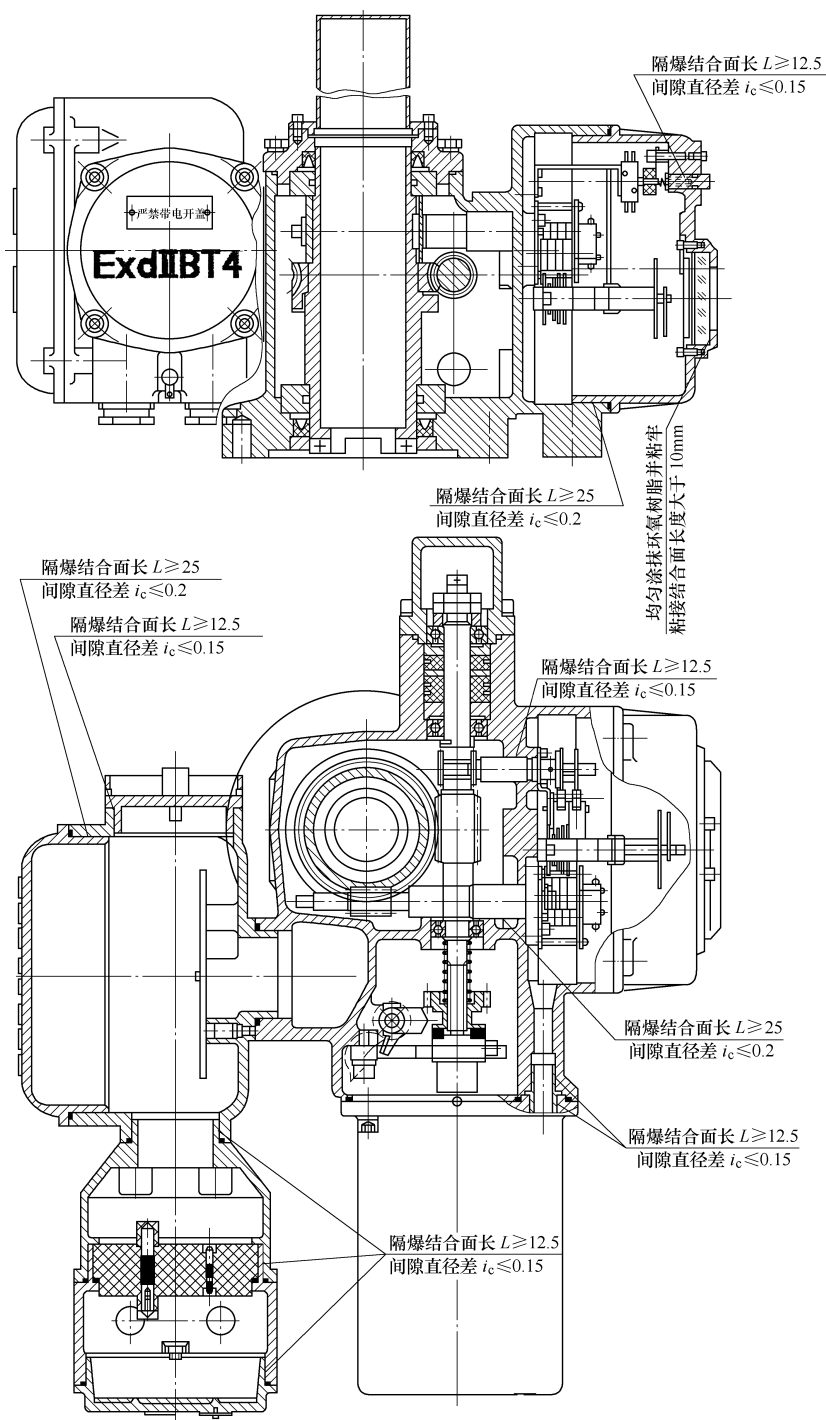


图 5-18 典型多回转 (Z 型) 隔爆型电动驱动装置结构

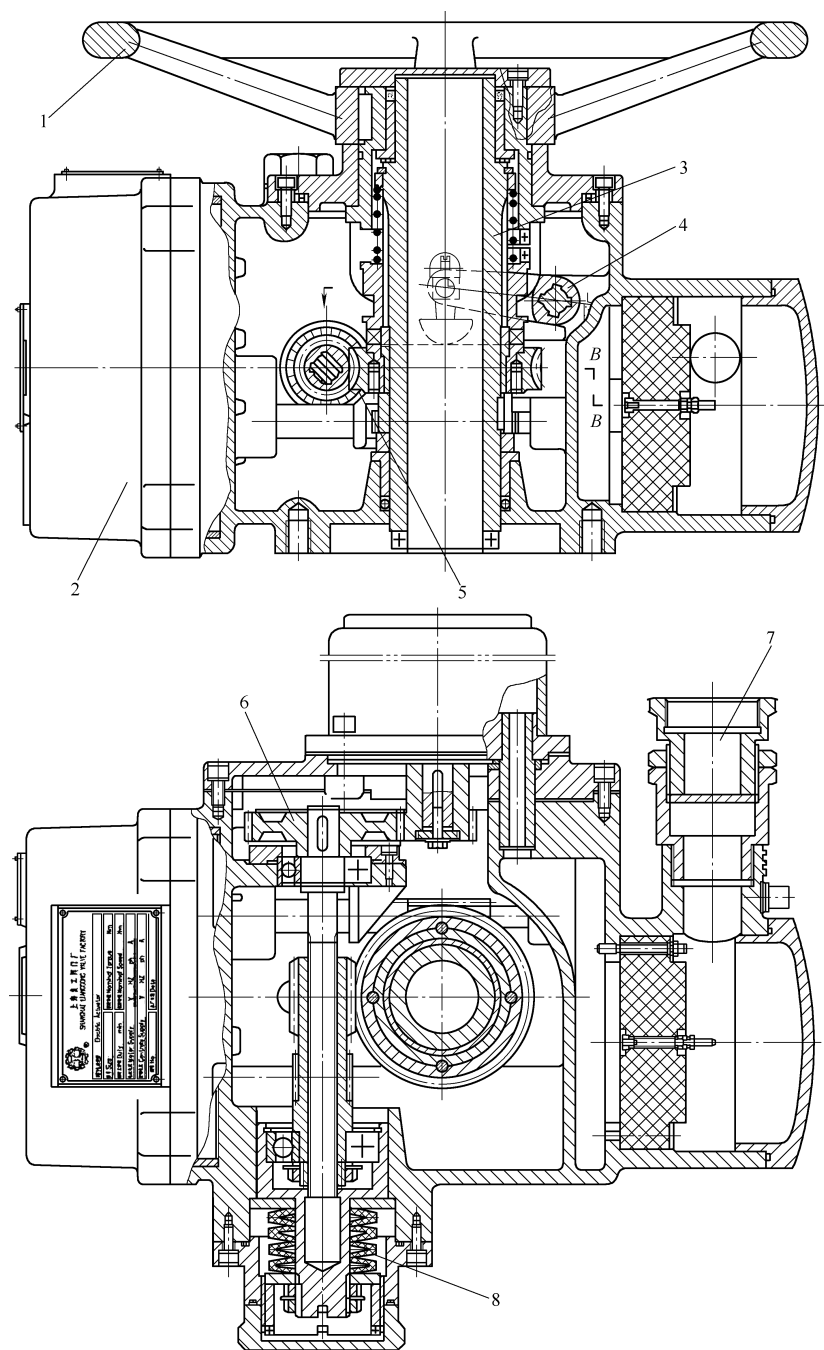


图 5-19 典型多回转 (Z 型) 户外型阀门电动驱动装置结构

1—手轮 2—电机 3—输出轴 4—手电切换机构 5—蜗轮蜗杆减速机构

6—传动齿轮 7—电缆输入口 8—力矩位移机构

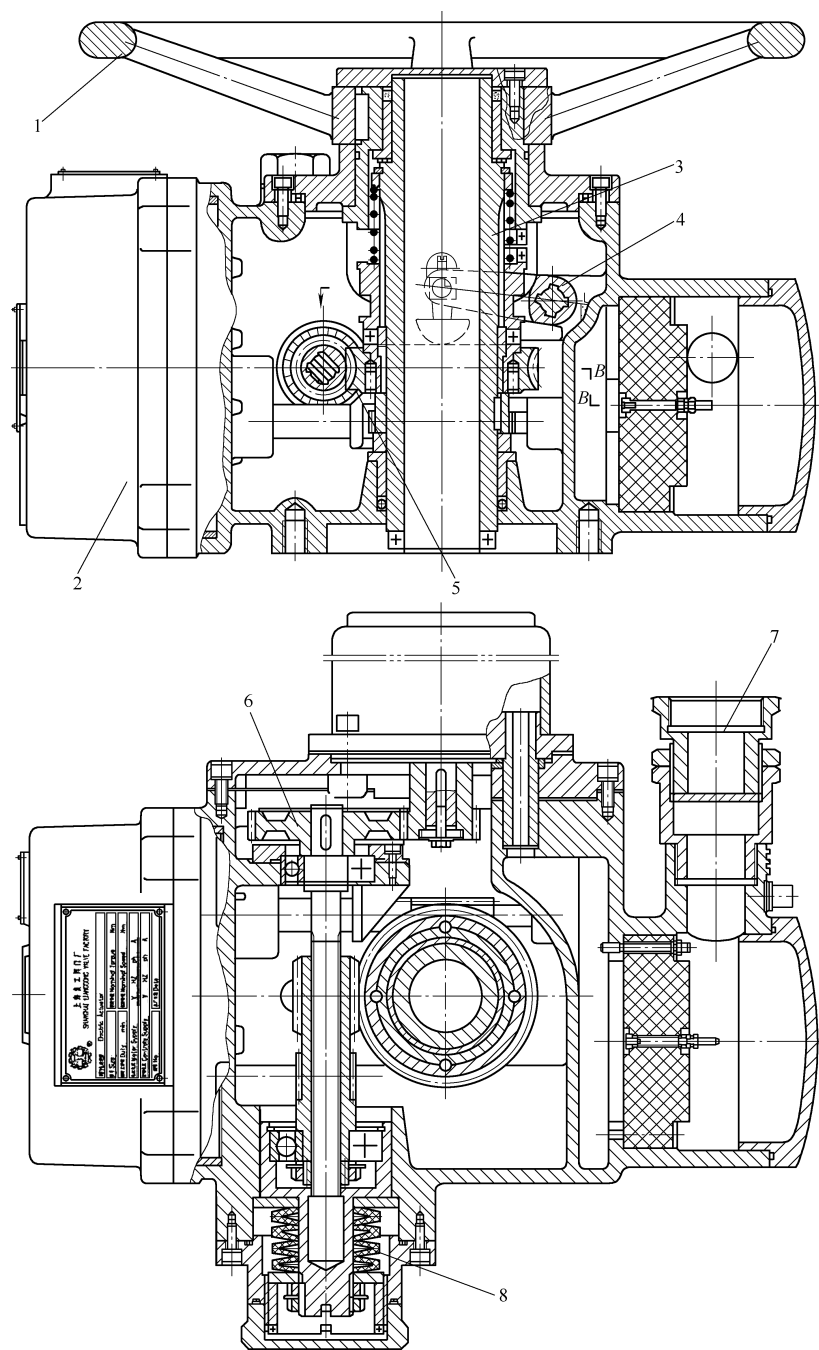


图 5-20 多回转阀门电动驱动装置结构

- 1—手轮 2—电机 3—输出轴 4—手电切换机构 5—蜗轮蜗杆减速机构
6—传动齿轮 7—电缆输入口 8—力矩位移机构

下以及调试过程中，手动操作是必不可少的，所以任何电动驱动装置都应配备手动操作机构。电动装置的手轮转动方向（面向手轮看）及输出轴转动方向（沿输出轴线面向阀门看）是顺时针为关，逆时针为开，且手轮上应有方向指示。

7) 手、电动切换机构。为改变工况，应配备手、电动切换机构。手、电动切换机构按其功能可分为全手动切换、全自动切换和半自动切换三种形式。

8) 控制器。可控型电动驱动装置配有控制器，主要控制阀门的启闭及显示阀门的状态，控制器中主要有可逆交流接触器、电源变压器及主控板等部分，控制器可与电动驱动装置成一体，也可分开安装使用。

2. 电动驱动装置的连接

多回转阀门电动驱动装置的连接按 GB/T 12222—2005 《多回转阀门驱动装置的连接》执行，该标准适于闸阀、截止阀、节流阀及隔膜阀用阀门电动驱动装置与阀门的连接尺寸。

部分回转阀门电动驱动装置连接按 GB/T 12223—2005 《部分回转阀门驱动装置的连接》执行，该标准适于球阀、蝶阀及旋塞阀用阀门电动驱动装置与阀门的连接尺寸。

3. 阀门电动驱动装置的防护类型

阀门电动驱动装置的防护类型一般有普通型、户外型、防爆型及防辐射型等，其适用环境见表 5-4。

表 5-4 阀门电动驱动装置防护类型

防 护 类 型	适 用 环 境
普通型	一般用于室内或有防护的场所
户外型	在户外使用
防爆型	在含有爆炸性混合物的环境中使用
防辐射型	在核电站及有核辐射环境中使用

第 6 章 阀门的测绘设计要点

6.1 通用阀门材料的选用

根据钢厂、电厂测绘的国内外阀门与设计的阀门选用材料汇总如下：

1. 灰铸铁阀门主要零件材料的选用（表 6-1）

表 6-1 灰铸铁阀门主要零件材料选用

零 件 名 称	材 料	
	名 称	牌 号
阀体、阀盖、启闭件、支架	灰铸铁	HT200、HT250
		HT300、HT350
阀杆、轴	铬不锈钢	12Gr13、20Gr13、30Gr13
	铝青铜	QA19-2、QA19-4
	锰黄铜	HMn58-2
轴套	铸铝青铜	ZCuAl9Mn2、ZCuAl9Fe4Mn2
	铸锰黄铜	ZCuZn38Mn2Pb2
摇杆	碳素铸钢	WCA、WCB、WCC
	优质碳素钢	20、25、35
弹簧	弹簧钢	50CrVA
		60Si2Mn、60Si2MnA
浮子	奥氏体不锈钢	12Cr18Ni9
过滤网		0Cr18Ni9Ti、1Cr17Ni3Mo2Ti
		12Cr18Ni9
阀座、启闭件的密封面	铸铝黄铜	ZCuZn25Al6Fe3Mn3
	铸铝青铜	ZCuAl9Mn2、ZCuAl9Fe4Ni4Mn2
	铸锰黄铜	ZCuZn38Mn2Pb2
	不锈钢	12Cr13、20Cr13、30Cr13
		12Cr18Ni9
	堆焊锡黄铜	丝 221
	聚四氟乙烯	SFB-1、SFB-2、SFB-3
		SFBN-1、SFBN-2、SFBN-3
	橡胶	—

(续)

零件名称	材 料	
	名 称	牌 号
阀杆螺母	铸铝黄铜	ZCuZn25Al6Fe3Mn3
	铸铝青铜	ZCuAl9Mn2、ZCuAl9Fe4Ni4Mn2
	铸锰黄铜	ZCuZn38Mn2Pb2
填料	聚四氟乙烯	SFT-1、SFT-2、SFT-3、SFT-4
	缓蚀石棉	—
	橡胶	—
	浸聚四氟乙烯石棉绳	—
	柔性石墨	—
手轮	可锻铸铁	KTH330-08、KTH350-10
	球墨铸铁	QT400-15、QT450-10

注：灰铸铁一般用于公称压力 $PN < 1.0\text{MPa}$ ，但对于 $DN < 200$ 的截止阀、升降式止回阀， $PN = 1.6\text{MPa}$ 。

2. 可锻铸铁阀门主要零件材料的选用（表 6-2）

表 6-2 可锻铸铁阀门主要零件材料选用

零件名称	材 料	
	名 称	牌 号
阀体、阀盖、启闭件	可锻铸铁	KTH300-06、KTH330-08、KTH350-10
阀杆、轴	铬不锈钢	12Cr13、20Cr13、30Cr13
	铝青铜	QA19-2、QA19-4
	锰黄铜	HMn58-2
轴套	铸锰黄铜	ZCuZn38Mn2Pb2
	铸铝青铜	ZCuAl9Mn2、ZCuAl9Fe4Ni4Mn2
摇杆	碳素铸钢	WCA、WCB、WCC
	优质碳素钢	20、25、35
气缸	铬不锈钢	12Cr13、20Cr13
活塞	铸铝黄铜	ZCuZn25Al6Fe3Mn3
	铬不锈钢	20Cr13、30Cr13
膜片	锡青铜	QSn6.5-0.1
	铍青铜	QBe2
	奥氏体不锈钢	12Cr18Ni9

(续)		
零 件 名 称	材 料	
	名 称	牌 号
弹簧	弹簧钢	50CrVA
		60Si2Mn、60Si2MnA
浮子	奥氏体不锈钢	12Cr18Ni9
		0Cr18Ni9Ti、1Cr17Ni13Mo2Ti
过滤网		12Cr18Ni9
阀座、启闭件的密封面	铸铝黄铜	ZCuZn25Al6Fe3Mn3
	铸锰黄铜	ZCuZn38Mn2Pb2
	铸铝青铜	ZCuAl9Mn2、ZCuAl9Fe4Ni4Mn2
	不锈钢	12Cr13、20Cr13、12Cr18Ni9
	聚四氟乙烯	SFB-1、SFB-2、SFB-3
		SFBN-1、SFBN-2、SFBN-3
	橡胶	—
阀杆螺母	铸铝青铜	ZCuAl9Mn2、ZCuAl10Fe3
	铸锰黄铜	ZCuZn38Mn2Pb2
	铸铝黄铜	ZCuZn25Al6Fe3Mn3
填料	聚四氟乙烯	SFT-1、SFT-2、SFT-3、SFT-4
	缓蚀石棉	—
	橡胶	—
	浸聚四氟乙烯石棉绳	—
	柔性石墨	—
手轮	可锻铸铁	KTH330-08、KTH350-10
	球墨铸铁	QT400-15、QT450-10

3. 球墨铸铁阀门主要零件材料的选用（表 6-3）

表 6-3 球墨铸铁阀门主要零件材料选用

零 件 名 称	材 料	
	名 称	牌 号
阀体、阀盖、启闭件、支架	球墨铸铁	QT400-15、QT450-10、QT500-7
阀杆、轴	铬不锈钢	12Cr13、20Cr13、30Cr13
	铝青铜	QA19-2、QA19-4
	锰黄铜	HMn58-2

(续)		
零件名称	材 料	
	名 称	牌 号
轴套	铸铝青铜	ZCuAl9Mn2、ZCuAl9Fe4Mn2
	铸锰黄铜	ZCuZn38Mn2Pb2
摇杆	碳素铸钢	WCA、WCB、WCC
	优质碳素钢	20、25、35
气缸、活塞	铬不锈钢	12Cr13、20Cr13、30Cr13
膜片	奥氏体不锈钢	12Cr18Ni9
弹簧	弹簧钢	50CrVA
		60Si2Mn、60Si2MnA
浮子	奥氏体不锈钢	12Cr18Ni9
		0Cr18Ni9Ti、1Cr17Ni13Mo2Ti
过滤网		12Cr18Ni9
阀座、启闭件的密封面	铸铝黄铜	ZCuZn25Al6Fe3Mn3
	铸锰黄铜	ZCuZn38Mn2Pb2
	铸铝青铜	ZCuAl9Mn2、ZCuAl9Fe4Ni4Mn2
	不锈钢	12Cr13、20Cr13、12Cr18Ni9
	喷焊铁基合金粉末	FFe1-5
	聚四氟乙烯	SFB-1、SFB-2、SFB-3
		SFBN-1、SFBN-2、SFBN-3
	橡胶	—
阀杆螺母	铸铝青铜	ZCuAl9Mn2、ZCuAl9Fe4Ni4Mn2
	铸锰黄铜	ZCuZn38Mn2Pb2
	铸铝黄铜	ZCuZn25Al6Fe3Mn3
填料	聚四氟乙烯	SFT-1、SFT-2、SFT-3、SFT-4
	缓蚀石棉	—
	橡胶	—
	浸聚四氟乙烯石棉绳	—
	柔性石墨	—
手轮	可锻铸铁	KTH330-08、KTH350-10
	球墨铸铁	QT400-15、QT450-10

4. 铜合金阀门主要零件材料的选用（表 6-4）

表 6-4 铜合金阀门主要零件材料选用

零件名称	材 料	
	名 称	牌 号
阀体、阀盖、启闭件	铸锡青铜	ZCuSn3Zn11Pb4
		ZCuSn5Pb5Zn5
		ZCuSn10Zn2
	铸硅黄铜	ZCuZn16Si4
	铸铝青铜	ZCuAl9Mn2、ZCuAl9Fe4Ni4Mn2
	铸铝黄铜	ZCuZn31Al2
	黄铜	H62
		HPb59-1
	铝青铜	QAl9-2、QAl9-4
阀杆	不锈钢	12Cr13、20Cr13、30Cr13
	铝青铜	12Cr18Ni9 QAl9-2、QAl9-4
填料	聚四氟乙烯	SFT-1、SFT-2、SFT-3、SFT-4
	油浸石棉绳	YS250F、YS350F、YS450F
	浸聚四氟乙烯石棉绳	—
	油浸麻	—
	油浸石墨石棉绳	—
手轮	可锻铸铁	KTH330-08、KTH350-10
	球墨铸铁	QT400-15、QT450-10

注：铜合金材料一般用于中、低压阀门，也可用于常温、高压的小口径气瓶阀。

5. 碳素钢阀门主要零件材料的选用（表 6-5）

表 6-5 碳素钢阀门主要零件材料选用

零件名称	材 料	
	名 称	牌 号
阀体、阀盖、阀座、启闭件、 支架、法兰、摇杆、压紧螺母	碳素铸钢	WCA、WCB、WCC
	优质碳素钢	20、25、30、35
	低合金结构钢	Q345
阀杆	铬不锈钢	12Cr13、20Cr13、30Cr13
销轴	优质碳素钢	35、45
汽缸、活塞	铬不锈钢	12Cr13、20Cr13、30Cr13
膜片	奥氏体不锈钢	12Cr18Ni9

(续)		
零件名称	材 料	
	名 称	牌 号
弹簧	弹簧钢	50CrVA、30W4Cr2VA
		60Si2Mn、60Si2MnA
	不锈钢丝	12Cr18Ni9
浮子	奥氏体不锈钢	12Cr18Ni9
过滤网		0Cr18Ni9Ti、1Cr17Ni13Mo2Ti
		12Cr18Ni9
阀座、启闭件的密封面	不锈钢	TDCr1a-X、TDCr1b-X
		12Cr13、20Cr13
		1Cr18Ni9Ti (奥 132)
		1Cr18Ni9Ti (奥 137)
	铬锰合金	—
	铬锰合金和铬钼合金	—
	钴铬钨合金	TDCoCr1-X、TDCoCr2-X、TDCoCr3-X
		粉 201, 粉 202
	喷焊铁基合金粉末	FFe-1, FFe-2, FFe-3, FFe-4, FFe-5
	聚四氟乙烯	SFB-1、SFB-2、SFB-3
		SFBN-1、SFBN-2、SFBN-3
阀杆螺母	铸铝青铜	ZCuAl9Mn2、ZCuAl9Fe4Ni4Mn2
	铸铝黄铜	ZCuZn25Al6Fe3Mn3
螺母、螺栓	优质碳素钢	25, 35
	合金结构钢	30CrMo, 35CrMo
螺母	优质碳素钢	35, 45
垫片	不锈钢与石棉缠绕	12Cr13 和 XB450
		12Cr18Ni9 和 B450
	波形垫	08
	橡胶石棉板	XB350, XB450
填料	聚四氟乙烯	SFT-1、SFT-2、SFT-3、SFT-4
	浸聚四氟乙烯石棉绳	—
	缓蚀石棉	—
	石墨石棉绳	—
	柔性石墨	—
手轮	可锻铸铁	KTH330-08、KTH350-10
	球墨铸铁	QT400-15、QT450-10
	碳钢	A5
		WCC

6. 高温钢阀门主要零件材料的选用（表 6-6）

表 6-6 高温钢阀门主要零件材料选用

零件名称	材 料	
	名 称	牌 号
阀体 阀盖 摇杆	铬钼铸钢	ZGCr5Mo
	铬钼钒铸钢	ZG20CrMoV, ZG15Cr1Mo1V
	铬钼钢	1Cr5Mo
	铬钼钒钢	12CrMoV, 12Cr1MoV
启闭件、阀座	铬镍钛铸钢	ZG1Cr18Ni9Ti
	铬镍钛钢	12Cr18Ni9Ti
销轴	铬不锈钢	12Cr13, 20Cr13
阀杆	铬硅钼钢	42Cr9Si2, 40Cr10Si2Mo
	铬硅钒钢	25Cr2MoVA, 25Cr2Mo1VA
弹簧	弹簧钢	30W4Cr2VA
浮子	奥氏体不锈钢	12Cr18Ni9
		0Cr18Ni9Ti, 1Cr17Ni13Mo2Ti
过滤网		12Cr18Ni9
阀座、启闭件的密封面	铬镍硅合金和铬镍硅钼合金	—
	钴铬钨合金	TDCoCr1-X, TDCoCr2-X, TDCoCr3-X
		粉 201, 粉 202
阀杆螺母	铸铝青铜	ZCuAl9Mn2, ZCuAl9Fe4Ni4Mn2
	铸铝黄铜	ZCuZn25Al6Fe3Mn3
双头螺栓	铬钼钒钢	25Cr2MoVA, 25Cr2Mo1VA
螺母	铬钼钢	30CrMo, 35CrMo
垫片	耐热钢板	06Cr19Ni10, 12Cr18Ni9
填料	柔性石墨	—
	石墨石棉绳	—
	耐高温石棉绳	—
手轮	可锻铸铁	KTH330-08, KTH350-10
	球墨铸铁	QT400-15, QT450-10
	碳钢	A5
		WCC

7. 低温钢阀门主要零件材料的选用（表 6-7）

表 6-7 低温钢阀门主要零件材料选用

零件名称	材 料	
	名 称	牌 号
阀体、阀盖、阀座 启闭件、摇杆	奥氏体不锈钢	ZG0Cr18Ni9, ZG1Cr18Ni9
		ZG0Cr18Ni9Ti, ZG12Cr18Ni9Ti
	奥氏体不锈钢	06Cr19Ni10, 12Cr18Ni9
		0Cr18Ni9Ti
阀杆	铬镍钢	14Cr17Ni2, 12Cr18Ni9
销轴	铬不锈钢	12Cr13, 20Cr13, 30Cr13
阀座、启闭件的密封面	钴铬钨合金	TDCoCr1-X, TDCoCr2-X, TDCoCr3-X
		粉 201, 粉 202
阀杆螺母	铸铝青铜	ZCuAl9Mn2、ZCuAl9Fe4Ni4Mn2
	铸铝黄铜	ZCuZn25Al6Fe3Mn3
双头螺栓	铬镍钢	1Cr17Ni2, 12Cr18Ni9
螺母	铬不锈钢	06Cr13, 12Cr13, 20Cr13
	黄铜	HPb59-1
垫片	纯铜	T2, T3
	纯铝	L2, L3
	蜡浸石棉橡胶板	—
填料	聚四氟乙烯	SFT-1、SFT-2、SFT-3、SFT-4
	浸聚四氟乙烯石棉绳	—
	柔性石墨	—
手轮	可锻铸铁	KTH330-08、KTH350-10
	球墨铸铁	QT400-15、QT450-10
	碳钢	A5
		WCC

6.2 通用阀门的公差配合 (图 6-1 ~ 图 6-11)

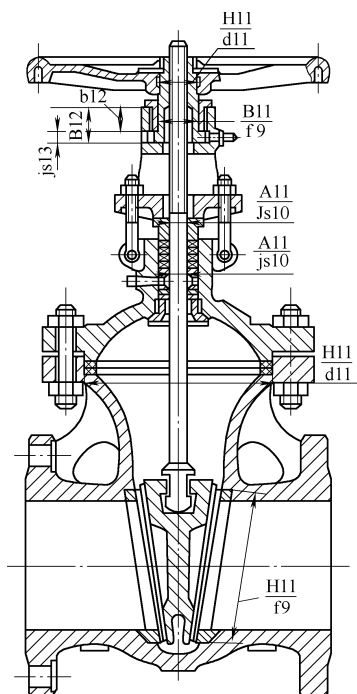


图 6-1 单闸板楔式闸阀

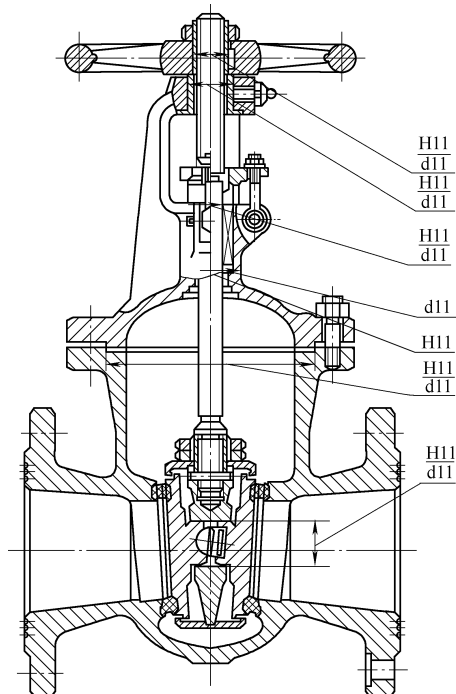


图 6-2 双闸板楔式闸阀

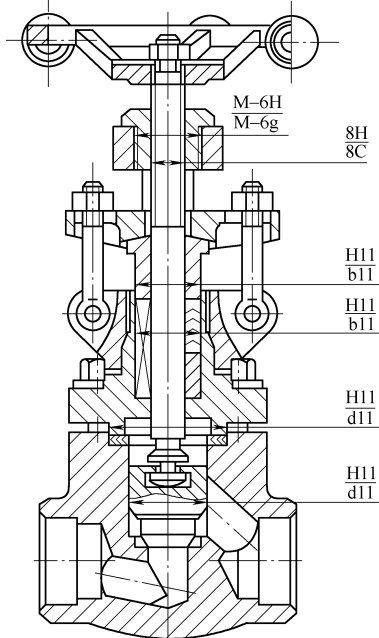


图 6-3 承插焊接截止阀

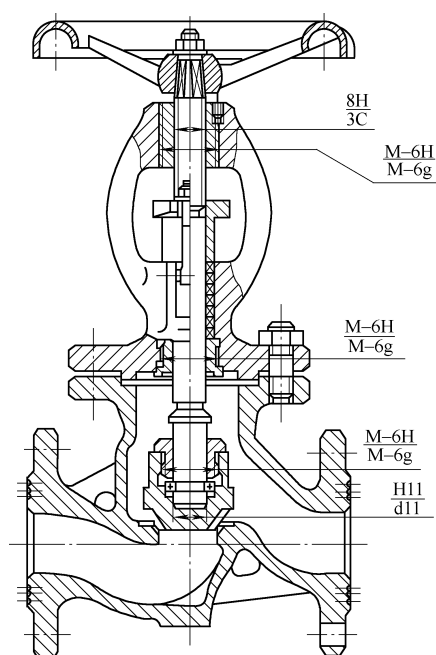


图 6-4 法兰连接截止阀

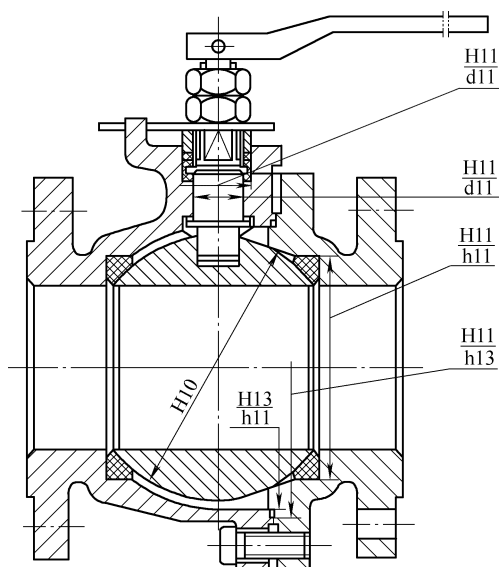


图 6-5 法兰连接球阀

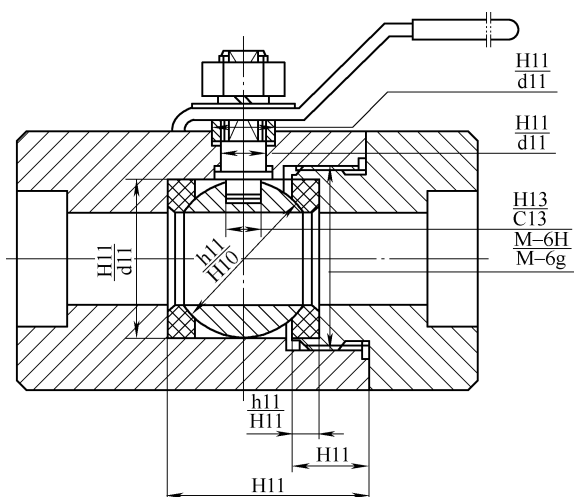


图 6-6 承插连接球阀

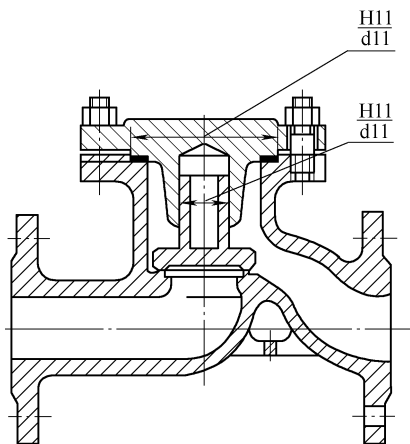


图 6-7 升降式止回阀

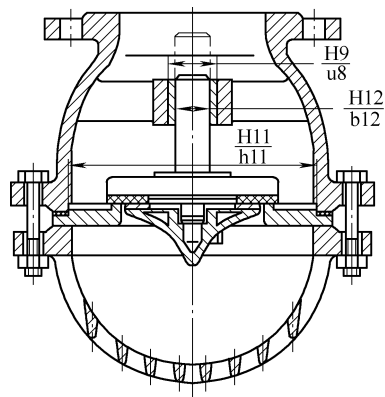


图 6-8 底阀

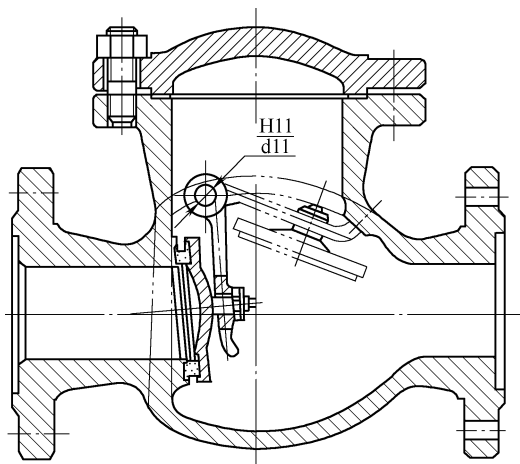


图 6-9 旋启式止回阀

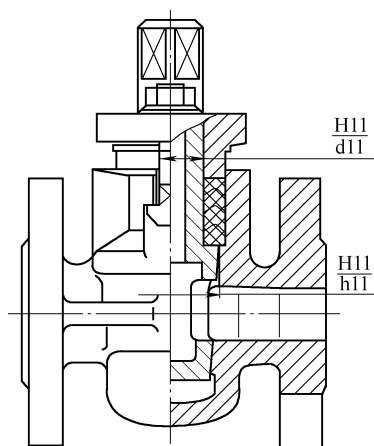


图 6-10 旋塞阀

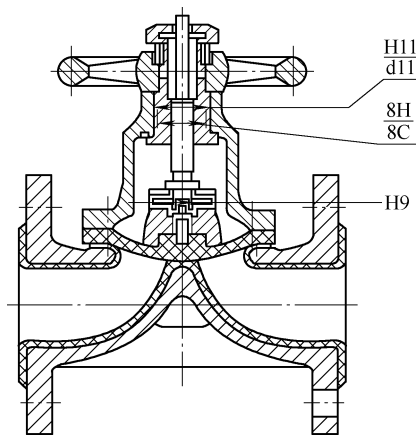


图 6-11 隔膜阀

6.3 阀门的试验要求

1. 各类阀门的试验项目（表 6-8）

表 6-8 各类阀门的试验项目

阀 类		闸 阀	截 止 阀	节 流 阀	球 阀	蝶 阀	隔 膜 阀	旋 塞 阀	止 回 阀
检 查 和 试 验 项 目	壳体强度	√ ^①	√	√	√	√	√	√	√
	密封性能	√	√	—	√	√	√	√	√
	上密封性能 ^②	√	√	—	—	—	—	—	—
	铸件质量	√	√	√	√	√	√	√	√
	连续无故障 启闭运行	√	√	—	√	√	√	√	—
	最小阀体壁厚	√	√	√	√	√	√	√	√
	内腔清洁度	√	√	√	√	√	√	√	√
	最大启闭力矩	√	√	—	√	√	√	√	—
	防静电试验	—	—	—	√	—	—	—	—
	耐火试验 ^③	—	—	—	√	—	—	—	—
	零部件检查	√	√	√	√	√	√	√	√
	流量试验	√	√	√	√	√	√	√	√

① “√”表示需作检查或试验。

② 有上密封性能要求的阀门需进行上密封试验。

③ 其他阀类有耐火要求也可进行耐火试验。

2. 阀门的壳体试验（表 6-9）

阀门的壳体试验是对阀体和阀盖等连接而成的整个阀门外壳进行试验，其目的是检验阀体和阀盖的致密性及整个壳体的耐压性。

表 6-9 阀门壳体试验（各国标准对照）

标准	GB/T 13927—2008	JB/T 9092—1999	ISO 5208—1993	API 598—2009	JIS B2003—1994	DIN 3230-4—1977
试验温度	5 ~ 40℃	<52℃		<125°F(52℃)		常温
试验介质	水（可以加入防锈剂）、煤油或黏度不大于水的其他适宜液体	空气、惰性气体、煤油、水或黏度不大于水的非腐蚀性液体	液体：水（可含防锈剂）、煤油或其他黏度不大于水的适当液体；气体：空气或其他适宜的气体	空气、惰性气体、煤油、水或黏度不大于水的非腐蚀性液体	水，DN < 50 的阀门也可用空气	水
试验压力	公称压力/MPa	试验压力	20℃时最大允许工作压力 对于 DN < 50、PN < 50 的阀门，也可用 0.6MPa 的气体	见 表 6-8	a. 水压试验：最高为允许压力的 1.5 倍 b. DN < 50 阀门的空气压试验：0.59MPa	PN1.5
	< 0.25					
	> 0.25					

(续)														
标准	GB/T 13927—2008		JB/T 9092—1999			ISO 5208—1993		API 598—2009			JIS B2003—1994		DIN 3230-4—1977	
试验最短持续时间	公称通径 DN/mm	持续时间/s	公称通径 DN/mm	持续时间/s		公称通径 DN/mm	持续时间/s	公称通径 DN/in (mm)	持续时间/s		公称通径 DN/mm	持续时间/s	公称通径 DN/mm	持续时间/s
				止回阀	其他阀门				止回阀	其他阀门				
			<50	60	15	<50		<2 (50)	60	15	<50		<40	15
			65~150	60	60	65~150		2.5~6 (65~150)	60	60	65~150			
	200~300	60	120	200~300		8~12 (200~300)	60	120			40~150	60		
65~200	>350	120	300	>350	120	300	>14 (350)	120	300	65~200	60	40~150	60	
			蝶阀			蝶阀			蝶阀					
>250	<50	15		<50	180		<2 (50)	15		>250	180		>150	120
	65~150	60		>250	180		2.5~8 (65~200)	60		>250	180			
	>250	180		>250	180		>10 (250)	180						
				蝶阀			蝶阀			蝶阀				
允许泄漏率	承压壁及阀体与阀盖连接处不得有可见泄漏,壳体(包括填料函及阀体与阀盖连接处)不应有结构损伤		不允许有渗漏,用液体试验时,无明显可见的点滴或潮湿现象;用气体试验时,应无气泡泄出。试验时应无结构损伤			不允许有渗漏,用液体试验时,无明显可见的点滴或外表面潮湿现象;用空气或气体试验时,应无气泡泄出。试验时应无结构损伤			不允许有其他部位不允许有泄漏,水压试验时,填料函部位的允许泄漏量按当事者协议的规定			不允许有明显的泄漏		

表 6-10 所列为 API 598—2009 规定的壳体试验压力。

表 6-10 API 598—2009 规定的壳体试验压力

API 标准		磅级	壳体最小试验压力 ^① （表压）	
			lbf/in ²	MPa(bar)
593		150	400 ^②	2. 6(26) ^②
		300	975 ^②	6. 6(66) ^②
594	铸铁	125(<i>NPS</i> 2 ~ 12)	350	2. 5(25)
		(<i>NPS</i> 14 ~ 24)	265	1. 9(19)
		(<i>NPS</i> 30 ~ 48)	265	1. 9(19)
		250(<i>NPS</i> 2 ~ 12)	875	6. 1(61)
	595	(<i>NPS</i> 14 ~ 24)	525	3. 7(37)
	球墨铸铁	150	400 ^②	2. 6(26) ^②
		300	975 ^②	6. 6(66) ^②
	碳钢和合金钢	150 ~ 2500	按 ANSI B16. 34	按 ANSI B16. 34
597		150 ~ 600	按 ANSI B16. 34	按 ANSI B16. 34
599	600	150 ~ 2500	按 ANSI B16. 34	按 ANSI B16. 34
602		150、300、600	按 ANSI B16. 34	按 ANSI B16. 34
602	606	800	3000	20. 7(207)
603		150	按 ANSI B16. 34	按 ANSI B16. 34
604		150	400 ^②	2. 6(26) ^②
		300	975 ^②	6. 6(66) ^②
609		—	见①	见①

① 对于蝶阀以及未包括在本标准范围内的阀门，壳体试验压力应为 100°F (38℃) 时压力等级的 1.5 倍，并圆整到高一级的 25lbf/in² (0.1MPa) 压力值（表压）。

② 按 ANSI B16.42。

3. 阀门的上密封试验

阀门的上密封试验是检验阀杆与阀盖密封副密封性能的试验，具有上密封性能要求的闸阀和截止阀都必须进行上密封试验，各国上密封试验的标准见表 6-11。

表 6-11 各国上密封试验的标准

标准	GB/T 13927—2008			JB/T 9092—1999	API 598—2009	DIN 3230-4—1977	JIS B2003—1994
试验温度	5 ~ 40℃			< 52℃	< 125 ℉ (52℃)	常温	其试验方法及结果的评定按供需双方的协议
试验介质	a. 水（可以加入防锈剂）、煤油或黏度不大于水的其他适宜液体 b. 空气或其他适宜的气体			高压上密封试验：空气、惰性气体、煤油、水或黏度不大于水的非腐蚀性液体 低压上密封试验：空气或惰性气体	高压上密封试验：空气、惰性气体、煤油、水或黏度不大于水的非腐蚀性液体 低压上密封试验：空气或惰性气体	水	
试验压力	公称通径/mm	公称压力/MPa	试验压力	高压上密封试验：38℃时公称压力的 1.1 倍 低压上密封试验：0.5 ~ 0.7MPa	高压上密封试验：110% 常温压力级 低压上密封试验：60 ~ 100lb/in ² (表压) (0.5 ~ 0.7MPa)	最低使用温度下的公称压力或最大允许工作压力	
	< 80	所有压力	20℃下最大允许工作压力的 1.1 倍(液体) 0.6MPa(气体)				
	100 ~ 200	< 5	20℃下最大允许工作压力的 1.1 倍				
		> 5					
> 250	所有压力						
试验最短持续时间	公称通径/mm		持续时间/s	15s	15s		
	< 50		10				
	65 ~ 200		15				
	250 ~ 450		20				
	> 500		30				

(续)					
标准	GB/T 13927—2008	JB/T 9092—1999	API 598—2009	DIN 3230-4—1977	JIS B2003—1994
允许泄漏率	在试验持续时间内无可见泄漏	不允许有渗漏,用液体试验时,不得有明显可见的点滴或外表面潮湿现象;用气体试验时应无气泡泄出	不允许有渗漏,用液体试验时,不得有明显可见的点滴或外表面潮湿现象,用气体试验时应无气泡泄出	密封性必须能够明显地鉴别出来	其试验方法及结果的评定按供需双方的协议

4. 阀门的密封试验

阀门的密封试验是检验启闭件和密封副密封性能的试验。

API 598、JB/T 9092 等标准将密封试验分为高压密封试验和低压密封试验,并规定蝶阀应进行高压密封试验。其他类型的阀门必须能够经受高压密封试验,但通常不进行这一试验。对于止回阀,可进行高压密封试验或低压密封试验。

ISO 5208 及 GB/T 13927 等标准未将密封试验明确地分为高压试验和低压试验,且试验介质由制造厂任选。但用气体作试验介质时,应在低压下进行试验;用液体作试验介质时,可在高压下进行试验。

阀门密封试验的具体规定见表 6-12 ~ 表 6-17。

表 6-12 JB/T 9092—1999 规定阀门密封试验的最大允许泄漏量

公称通径 <i>DN</i> /mm	闸阀、截止阀、旋塞阀/ (滴(气泡)/min ^①)	所有弹性密封的 阀门/(滴(气泡)/ min ^①)	金属密封的球阀、 蝶阀/(滴(气泡)/ min ^①)	金属密封止回阀	
				液体试验/ (cm ³ /min)	气体试验/ (m ³ /h)
<50	0 ^②	0 ^②	由制造厂和需 方商定	$\frac{DN}{25} \times 3$	$\frac{DN}{25} \times 0.042$
65 ~ 150	12				
200 ~ 300	20				
>350	28				

① 如果试验介质是液体,其单位是滴(大约 16 滴/cm³);如果试验介质是气体,其单位为气泡数。

② 在规定的最短试验持续时间内,其泄漏量为零。

表 6-13 低压密封试验（各国标准对照）

标准	GB/T 13927—2008	JB/T 9092—1999	ISO 5208—1993	API 598—2009	DIN 3230—1977	JIS B2003—1994
试验温度	5 ~ 40℃				常温	
试验介质	空气或其他适宜的气体	空气或惰性气体	空气或其他适宜的 气体	空气或惰性气体	空气	空气
试验压力	公称压力/ MPa	0.5 ~ 0.7MPa	公称通 径 DN/ mm	60 ~ 100lb _f /in ² (0.5 ~ 0.7MPa)	相当于公称压力， 最高为 6bar (0.6MPa)	0.59MPa
	试验压力/ MPa		公称压 力/MPa			
	所有压力		试验 压力			
公称通径 DN/mm	< 80	100 ~ 200	< 80	全部	6bar (0.6 MPa)	
	100 ~ 200		100 ~ 200			
	> 200		> 200			
公称通径 DN/mm	持续时间/s	公称通径 DN/mm	持续时间/s	公称通径 DN/in (mm)	持续时间/s	公称通径 DN/mm
	金属密封		止回阀 其他阀			
	非金属弹性密封		止回阀 其他阀			
试验最短 持续时间	15	< 50	15	< 2(50)	< 40	< 50
	30	65 ~ 150	30	$2\frac{1}{2}$ ~ 6 (65 ~ 150)	> 40 ~ 150	65 ~ 200
	60	200 ~ 300	60	8 ~ 12 (200 ~ 300)	60	250 ~ 450
公称通径 DN/mm	120	> 350	120	> 14(350)	> 150	> 500
	60		120		120	120
允许 泄漏率	在试验持续时间 内无可见泄漏	按表 6-12 的规定	a. 金属密封： 30mm ³ /s × DN b. 严格使用场合下的 金属密封：0.3mm ³ /s × DN c. 弹性或聚合物等 软密封：无可见泄漏	不允许有明显的渗漏， 其允许泄漏率见表 6-14	见 表 6-15 和 表 6-16	允许泄 漏率
	0.3 × DNmm ³ /s					
	3 × DNmm ³ /s					
公称通径 DN/mm	30 × DNmm ³ /s					无泄漏

表 6-14 API 598—2009 规定的密封试验的最大容许渗漏率

公称通径 DN/in (mm)	闸阀和截止 阀/ (单位/ min) ①	旋塞阀/ (单 位/min) ①	所有弹性密 封的阀门/ (单位/min) ①	金属密封球 阀和蝶阀/ (单位/min) ①	金属密封止回阀	
					液 体 试 验	气 体 试 验
<2 (50)	0 ②	0 ②	0 ②	允 许 渗 漏 率 应 按 用 户 和 制 造 厂 的 协 议 定	每 英 寸 公 称 通 径 的 最 大 允 许 渗 漏 率 为 0.18in ³ / min (3cm ³ /min)	每 英 寸 公 称 通 径 的 最 大 允 许 渗 漏 率 为 1.5ft ³ /h (0.042m ³ /h)
2.5 ~ 6 (65 ~ 150)	12	12	0 ②			
8 ~ 12 (200 ~ 300)	20	20	0 ②			
> 14 (350)	28	28	0 ②			

① 如果试验介质是液体，单位为滴（大约 480 滴/oz，（1oz = 28.3495g）或 16 滴/cm³）；如果试验介质是空气或气体，单位为气泡。
② 在规定的试验最短持续时间内，渗漏率应为零。

表 6-15 符合 API 598 标准规定的阀门允许渗漏率 ①（DIN 3230-4—1977）

公称通径 DN/mm		渗漏率 8/（滴/min）	试验时间/min
大于	至		
	50	4	0.25
50	100	12	1
100	150	12	
150	200	20	2
200	250	20	
250	300	20	
300		28	

① 如果在结构形式标准中允许更大的渗漏率，那么应选取规定渗漏率的若干倍数，例如 3 × 渗漏率。

表 6-16 DIN 3230-4—1977 规定的允许渗漏率

公称通径 DN/mm		渗漏率 1 密封	渗漏率 2 潮湿	渗漏率 3 滴漏	渗漏率 9	试验时间/min
大 于	至	滴数/min ^①				
	40	0	1 ^②	5	根据 订货 规范	0.25
40	100	0	1	10		1
100	150	0	2	15		
150	200	0	2	20		2
200	250	0	3	25		
250	300	0	3	30		
300	350	0	4	35		
350	400	0	4	40		
400	500	0	5	50		
500	600	0	6	60		
600	700	0	7	70		
700	800	0	8	80		
800	900	0	9	90		
900	1000	0	10	100		
1000	1100	1	11	110		
1100	1200	1	12	120		
标志		密封干燥	密封潮湿，可能 有个别液滴	更多的液滴，可 能形成一条水流		

① 1 滴 $\approx 100\text{mm}^3$ 。

② 试验时间为 1min。

表 6-17 高压密封试验（各国标准对照）

标准	GB/T 13927—2008	JIS/T 9092—1999	ISO 5208—1993	API 598—2009	JIS B 2003—1994	DIN 3230-4—1977	
试验温度	5 ~40℃	< 52℃		< 125°F (52℃)		常温	
试验介质	水（可加入防锈剂）、煤油或黏度不大于水的其他适宜液体	空气、惰性气体、煤油或黏度不大于水的其他适宜液体	水（可加入防锈剂）、煤油或黏度不大于水的其他适宜液体	空气、惰性气体、煤油、水或黏度不大于水的非腐蚀性液体	水	水	
试验压力	20℃下最大允许工作压力的1.1倍	38℃时公称压力的1.5倍	20℃时最大允许工作压力的1.1倍	110% 常温压力级〔常温压力级即 100°F (38℃) 时的最大许用压力〕	最大允许工作压力的1.1倍	最低使用温度下的公称压力或最大允许工作压力	
试验最短持续时间	公称通径 DN/mm	持续时间/s 金属密封 非金属弹性密封	公称通径 DN/mm	持续时间		公称通径 DN/mm	持续时间/s
				止回阀	其他阀门		
	<50	15	<50	60	15	<40	15
		65 ~ 150	60	60	60		
	65 ~ 200	15	65 ~ 200	8 ~ 12 (200 ~ 300)	120	>40 ~ 150	60
				> 350	120		

(续)

标准	GB/T 13927—2008			JB/T 9092—1999		ISO 5208—1993		API 598—2009		JIS B 2003—1994		DIN 3230-4—1977	
试验最短持续时间	250~450	60	30	蝶阀		250~450 60		蝶阀		250~450	60	>150	120
	>500	120	60							>500	120		
	A 级	在试验持续时间内无可见泄漏		按表 6-12 的规定		1. 金属密封: $0.1\text{mm}^3/\text{s} \times DN$ 2. 严格使用场合下的金属密封: $0.01\text{mm}^3/\text{s} \times DN$ 3. 弹性或聚合物等软密封: 无可见渗漏		不允许有明显的渗漏。 其允许渗漏率见表 6-12		等级	允许 泄漏率	公称通径 DN/mm	
B 级	$0.01 \times DN\text{mm}^3/\text{s}$		<50									4	0.25
C 级	$0.03 \times DN\text{mm}^3/\text{s}$												
D 级	$0.1 \times DN\text{mm}^3/\text{s}$								3 等	无泄漏	250~300	20	2
											>300	28	2

6.4 工业阀门的压力试验 (GB/T 13927—2008)

6.4.1 压力试验的要求

1. 安全提示

按 GB/T 13927—2008《工业阀门 压力试验》进行的压力试验, 需要对试验用气体或液体压力的安全性进行评估。

2. 试验地点

每台阀门出厂前均应进行压力试验, 压力试验应在阀门制造厂内进行。

3. 试验设备

进行压力试验的设备, 不应有施加影响阀门的外力, 使用端部对夹紧试验装置时, 阀门制造厂应能保证该试验装置不影响被试验阀门的密封性。对夹式止回阀和对夹式蝶阀等装配在配合法兰间的阀门, 可用端部对夹紧装置。

4. 压力测量装置

用于测量试验介质压力的测量仪表的精度应不低于 1.6 级, 并经校验合格。

5. 阀门壳体表面

1) 在壳体压力试验前, 不允许对阀门表面涂漆和使用其他可以防止渗漏的涂层; 允许无密封作用的化学防腐处理或衬里阀门的衬里存在。

2) 买方要求进行再次压力试验时, 对已涂过漆的阀门, 则可以不去除涂漆。

6. 试验介质

1) 液体介质可用含防锈剂的水、煤油或黏度不高于水的非腐蚀性液体; 气体介质可用氮气、空气或其他惰性气体; 奥氏体不锈钢材料的阀门进行试验时, 所使用的水含氯化物量应不超过 100mg/L。

2) 上密封试验和高压密封试验应使用液体介质。

3) 试验介质的温度应在 5 ~ 40℃ 之间。

4) 用液体介质试验时, 应保证壳体的内腔充满试验介质。

7. 试验压力

1) 壳体试验压力

① 试验介质是液体时, 试验压力至少是阀门在 20℃ 时允许最大工作压力的 1.5 倍 ($1.5 \times CWP$)。

② 试验介质是气体时, 试验压力至少是阀门在 20℃ 时允许最大工作压力的 1.1 倍 ($1.1 \times CWP$)。

③ 如订货合同有气体介质壳体试验的要求时, 试验压力应不大于②的规定,

且必须先进行液体介质的壳体试验，在液体介质的试验合格后，才进行气体介质的壳体试验，并应采取相应的安全保护措施。

2) 上密封试验压力 试验压力至少是阀门在 20℃时的允许最大工作压力的 1.1 倍 ($1.1 \times CWP$)。

3) 密封试验压力

① 试验介质是液体时，试验压力至少是阀门在 20℃时允许最大工作压力的 1.1 倍 ($1.1 \times CWP$)；如阀门铭牌标示对最大工作压差或阀门配带的操作机构不适宜进行高压密封试验时，试验压力按阀门铭牌标示的最大工作压差的 1.1 倍。

② 试验介质是气体时，试验压力为 $0.6\text{MPa} \pm 0.1\text{MPa}$ ；当阀门的公称压力小于 PN10 时，试验压力按阀门在 20℃时允许最大工作压力的 1.1 倍 ($1.1 \times CWP$)。

4) 试验压力应在试验持续时间内得到保持。

8. 压力试验项目

1) 压力试验项目按表 6-18 的要求，制造厂应有试验操作的程序和方法文件。

2) 表 6-18 中，某些试验项目是可“选择”的，合格的阀门应能通过这些试验。当订货合同有要求时，制造厂应按表 6-18 的规定对“选择”项目进行试验。

表 6-18 压力试验项目要求

试 验 项 目	阀 门 范 围	闸 阀	截止阀	旋塞阀 ^①	止回阀	浮动球 球阀	蝶阀、固定 球阀
液体壳体试验	所有	必须	必须	必须	必须	必须	必须
气体壳体试验	所有	选择	选择	选择	选择	选择	选择
上密封试验 ^②	所有	选择	选择	不适用	不适用	不适用	不适用
气体低压 密封试验	$\leq DN100$ 、 $\leq PN250$	必须	选择	必须	选择	必须	必须
	$> DN100$ 、 $\leq PN100$						
	$\leq DN100$ 、 $> PN250$	选择	选择	选择	选择	必须	选择
	$> DN100$ 、 $> PN100$						
液体高压 密封试验	$\leq DN100$ 、 $\leq PN250$	选择	必须	选择	必须	选择 ^③	选择
	$> DN100$ 、 $\leq PN100$						
	$\leq DN100$ 、 $> PN250$	必须	必须	必须	必须	选择 ^③	必须
	$> DN100$ 、 $> PN100$						

① 油封式的旋塞阀，应进行高压密封试验，低压密封试验为“选择”；试验时应保留密封油脂。

② 除波纹管阀杆密封结构的阀门外，所有具有上密封结构的阀门都应进行上密封试验。

③ 弹性密封阀门经高压密封试验后，可能会降低其在低压工况的密封性能。

9. 试验持续时间

1) 对于各项试验，保持试验压力的持续时间按表 6-19 的规定。

表 6-19 保持试验压力的持续时间 (单位: s)

阀门公称尺寸	保持试验压力最短持续时间 ^①			
	壳 体 试 验	上密封试验	密 封 试 验	
			其他类型阀	止 回 阀
≤DN50	15	15	60	15
DN65 ~ DN150	60	60	60	60
DN200 ~ DN300	120	60	60	120
≥DN350	300	60	120	120

① 保持试验压力最短持续时间是指阀门内试验介质压力升至规定值后, 保持该试验压力的最少时间。

2) 试验持续时间除符合表 6-19 的规定外, 还应满足具体的检漏方法对试验压力持续时间的要求。

6.4.2 试验方法和步骤

1. 壳体试验

1) 封闭阀门的进出各端口, 阀门部分开启, 向阀门壳体内充入试验介质, 排净阀门体腔内的空气, 逐渐加压到 1.5 倍的 CWP, 按表 6-19 的时间要求保持试验压力, 然后检查阀门壳体各处的情况 (包括阀体、阀盖连接法兰及填料箱等各连接处)。

2) 壳体试验时, 对可调阀杆密封结构的阀门, 试验期间阀杆密封应能保持阀门的试验压力; 对于不可调阀杆密封 (如 O 形密封圈, 固定的单圈等), 试验期间不允许有可见的泄漏。

3) 如订货合同有气体介质的壳体试验要求时, 应先进行液体介质的试验, 试验结果合格后, 排净体腔内的液体, 封闭阀门的进出各端口, 阀门部分开启, 将阀门浸入水中, 并采取相应的安全保护措施。向阀门壳体内充入气体, 逐渐加压到 1.1 倍的 CWP, 按表 6-19 的时间要求保持试验压力, 观察水中有无气泡漏出。

2. 上密封试验

对具有上密封结构的阀门, 封闭阀门的进出各端口, 向阀门壳体内充入液体的试验介质, 排净阀门体腔内的空气, 用阀门设计给定的操作机构开启阀门到全开位置, 逐渐加压到 1.1 倍的 CWP, 按表 6-19 的时间要求保持试验压力, 观察阀杆填料处的情况。

3. 密封试验方法

1) 一般要求

① 试验期间, 除油封结构旋塞阀外, 其他结构阀门的密封面应是清洁的。

为防止密封面被划伤，可以涂一层黏度不超过煤油的润滑油。

② 有两个密封副、在阀体和阀盖有中腔结构的阀门（如闸阀、球阀及旋塞阀等）试验时，应将该中腔内充满试验压力的介质。

③ 除止回阀外，对规定了介质流向的阀门，应按规定的流向施加试验压力。

④ 试验压力按 6.4.1 中 7 的规定。

2) 密封试验检查

主要类型阀门的试验方法和检查按表 6-20 的规定。

表 6-20 密封试验

阀门种类	试验方法
闸阀 球阀 旋塞阀	封闭阀门两端，阀门的启闭件处于部分开启状态，给阀门内腔充满试验介质，逐渐加压到规定的试验压力，关闭阀门的启闭件；按规定的时间保持一端的试验压力，释放另一端的压力，检查该端的泄漏情况。 重复上述步骤和动作，将阀门换方向进行试验和检查
截止阀 隔膜阀	封闭阀门对阀座密封不利的一端，关闭阀门的启闭件，给阀门内腔充满试验介质，逐渐加压到规定的试验压力，检查另一端的泄漏情况
蝶阀	封闭阀门的一端，关闭阀门的启闭件，给阀门内腔充满试验介质，逐渐加压到规定的试验压力，在规定的时间内保持试验压力不变。检查另一端的泄漏情况。 重复上述步骤和动作，将阀门换方向进行试验和检查
止回阀	止回阀在阀瓣关闭状态，封闭止回阀出口端，给阀门内充满试验介质，逐渐加压到规定的试验压力，检查进口端的泄漏情况
双截断与 排放结构	关闭阀门的启闭件，在阀门的一端充满试验介质，逐渐加压到规定的试验压力，在规定的时间内保持试验压力不变。检查两个阀座中腔的螺塞孔处泄漏情况。 重复上述步骤和动作，将阀门换方向试验另一端的泄漏情况
单向密封 结构	关闭阀门的启闭件，按阀门标记显示的流向方向封闭该端，充满试验介质，逐渐加压到规定的试验压力，在规定的时间内保持试验压力不变，检查另一端的泄漏情况

6.4.3 试验结果要求

1. 壳体试验

壳体试验时，不应有结构损伤，不允许有可见渗漏通过阀门壳壁和任何固定的阀体连接处（如中口法兰）。如果试验介质为液体，则不得有明显可见的液滴或表面潮湿；如果试验介质是空气或其他气体，应无气泡漏出。

2. 上密封试验

不允许有可见的泄漏。

3. 密封试验

1) 不允许有可见泄漏通过阀瓣、阀座背面与阀体接触面等处，并应无结构

损伤（弹性阀座密封面的塑性变形不作为结构上的损坏考虑）。在试验持续时间内，试验介质通过密封副的最大允许泄漏率按表 6-21 的规定。

表 6-21 密封试验的最大允许泄漏率

试验 介质	允许泄漏率										
	泄漏率 单位	A 级	AA 级	B 级	C 级	CC 级	D 级	E 级	EE 级	F 级	G 级
液体	mm ³ /s	在试验压力持续时	0.006 × DN	0.01 × DN	0.03 × DN	0.08 × DN	0.1 × DN	0.3 × DN	0.39 × DN	1 × DN	2 × DN
	滴/min	间内无可见泄漏	0.006 × DN	0.01 × DN	0.03 × DN	0.08 × DN	0.1 × DN	0.29 × DN	0.37 × DN	0.96 × DN	1.92 × DN
气体	mm ³ /s	在试验压力持续时	0.18 × DN	0.3 × DN	3 × DN	22.3 × DN	30 × DN	300 × DN	470 × DN	3000 × DN	6000 × DN
	气泡/min	间内无可见泄漏	0.18 × DN	0.28 × DN	2.75 × DN	20.4 × DN	27.5 × DN	275 × DN	428 × DN	2750 × DN	5500 × DN

注：1. 泄漏率是指 1 个大气压力状态。
2. 阀门的 DN 按表 6-22 的规定“等同的规格”的公称尺寸数值。

2) 泄漏率等级的选择应是相关阀门产品标准规定或订货合同要求中要求更严格的一个。若产品标准或订货合同中没有特别规定时，非金属弹性密封副阀门按表 6-21 的 A 级要求，金属密封副阀门按表 6-21 的 D 级要求，等同规格的阀门按表 6-22 的要求。

4. 合格证明书

阀门制造厂应向买方提供阀门产品符合本标准的合格证明书。
产品的计算泄漏率值用等同的规格的 DN 数按表 6-22 的规定。

表 6-22 等同的规格的 DN 数

DN	NPS	铜管用缩径端	塑料管用缩径端
8	1/4	8	—
10	—	10、12	10、12
15	1/2	14、14.7、15、16、18	14.7、15、16、18
20	3/4	21、22	20、21、22
25	1	25、27.4、28	25、27.4、28
32	1¼	34、35、38	32、34
40	1½	40、40.5、42	40、40.5
50	2	53.6、54	50、53.6
65	2½	64、66.7、70	63

(续)

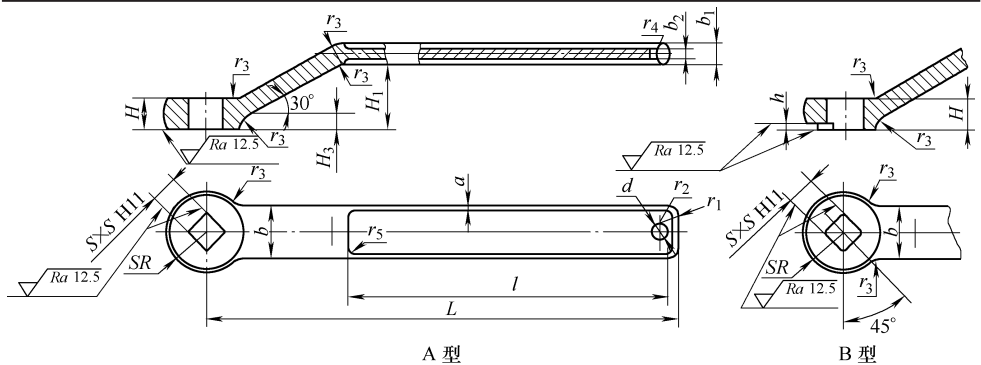
DN	NPS	铜管用缩径端	塑料管用缩径端
80	3	76.1、80、88.9	75、90
100	4	108	110
125	5	—	—
150	6	—	—
200	8	—	—
250	10	—	—
300	12	—	—
350	14	—	—
400	16	—	—
450	18	—	—
500	20	—	—
600	24	—	—
650	26	—	—
700	28	—	—
750	30	—	—
800	32	—	—
900	36	—	—
1 000	40	—	—

第 7 章 阀门的零部件

7.1 扳手（JB/T 93—2008）

扳手结构形式分为 A 型和 B 型两种，其结构形式和尺寸见表 7-1。

表 7-1 扳手结构形式和尺寸 (单位: mm)



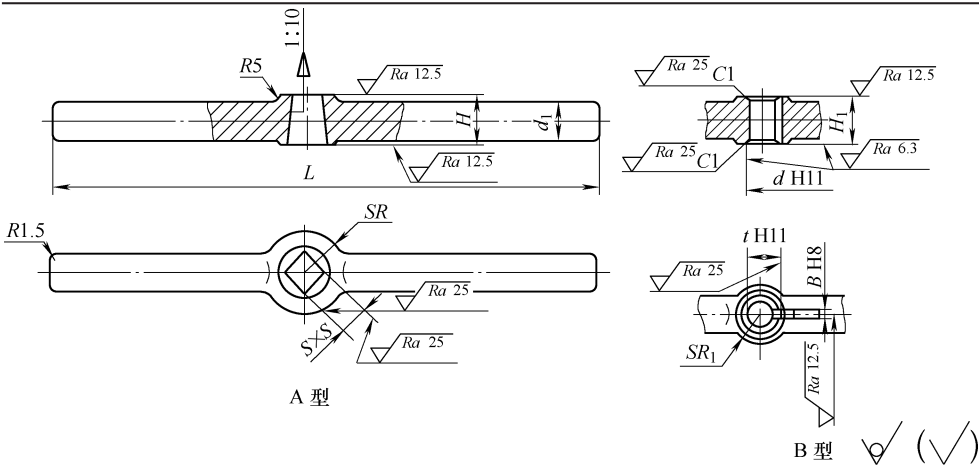
S	L	H	SR	H ₁	b	l	b ₁	b ₂	H ₂	h	a	d	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	参考质量/kg	
																		A 型	B 型
8	120	8	14	20	15		5		2			5	5		4			0.08	0.07
9	140	10	16	25	20		6		3			8	8		6	2		0.15	0.14
11	160		18				8		4	3					8			0.18	0.17
12	200	12	20	30	25				6			10			8			0.33	0.32
14	250	16	22	35	30	180	10	5	8		3		7	10			3	0.55	0.54
17	300	20	25		35	220			10	4		10	13		15	3		0.83	0.80
19	350	25	28	40	40	260	12	6	12					10			5	1.33	1.30
22	400	30	30	50		300	14	7	15		5	15	15		20			1.78	
24	500			55	45	380	16	8							25			2.48	

- 注: 1. 表中除 L、S 及 H 尺寸外, 其余尺寸为参考尺寸。
2. 材料为 QT350-10 GB/T 1348—2009;
ZG200-400 GB/T 11352—2009;
ZG230-450 GB/T 11352—2009。
3. 未注明的圆角为 R3 ~ R5mm。
4. 表面应涂漆, 加工表面应进行防锈处理。

7.2 手柄（JB/T 93—2008）

手柄的结构形式分为 A 型和 B 型两种，其结构形式与尺寸见表 7-2。

表 7-2 手柄的结构形式和尺寸（单位：mm）



L	d ₁	A 型				B 型					
		H	S	SR	参考质量/ kg	H ₁	d	SR ₁	t	B	参考质量/ kg
200	13	16	10	14	0.24	—	—	—	—	—	—
250	15	20	12	17	0.42	24	28	22	30.1	5	0.45
300	18	22	14	20	0.70	28	35	25	37.1	5	0.72
350	20	26	17	22	1.00	32	40	32	42.6	6	1.19
400	24	30	19	26	1.64						1.68
500					1.99	34	45	35	47.6		2.12
600			24	28	2.36		50	38	53.1	8	2.54

注：1. 材料为：Q235 GB/T 700—2006；
ZG230-450 GB/T 11352—2009。
2. 手柄表面应镀锌或发黑。
3. 表中除 L、H、H₁、S 及 d 尺寸外，其余尺寸为参考尺寸。

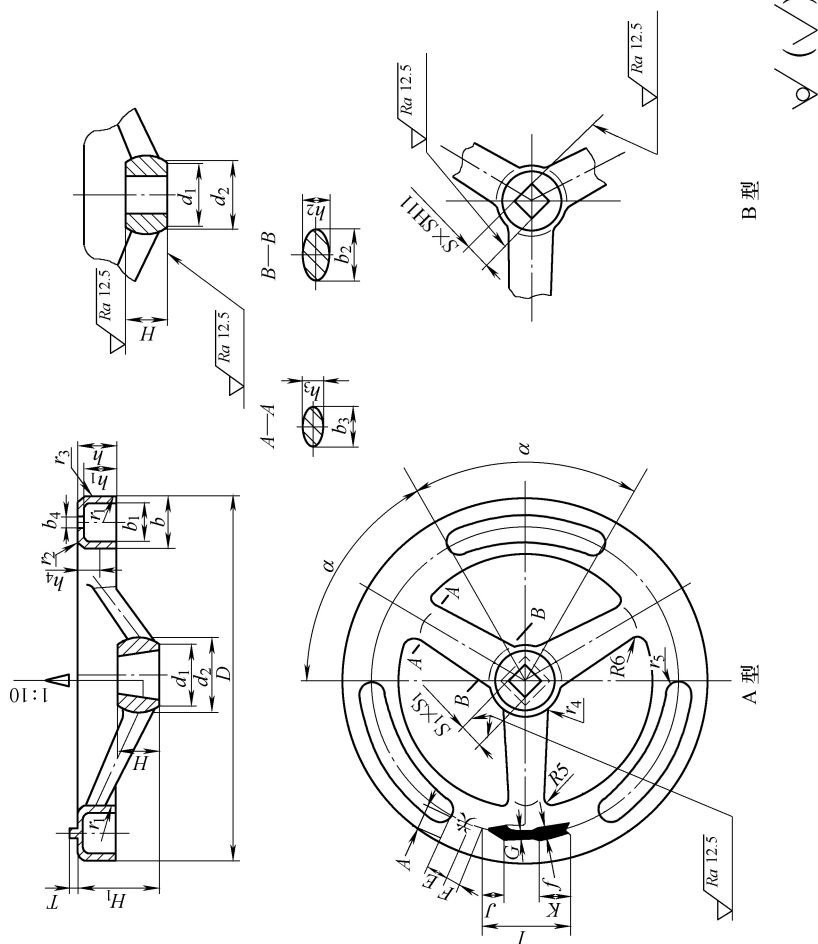
7.3 伞形手轮（JB/T 93—2008）

伞形手轮的结构形式分为 A 型和 B 型两种，其结构形式与尺寸见表 7-3。

7.4 平形手轮（JB/T 93—2008）

平形手轮的结构形式分为 A 型、B 型、C 型和 D 型四种，其中 A 型、B 型及 C 型结构形式和尺寸见表 7-4，D 型结构形式和尺寸见表 7-5。

表 7-3 伞形手轮结构形式和尺寸 (单位: mm)



(续)

手轮 直径 H_1 D	轮 毂						轮 辐						轮 缘						箭头和铸字						参考 质量 /kg																												
	H	S_1	S	d_1	d_2	r_4	根 数	b_2	h_2	b_3	h_3	h_4	h	h_1	b	b_1	b_4	r_1	r_2	r_3	r_5	α	l	F		E	A	K	J	f	G	T																					
	10		6	16 18	20 22	4	3	12	6		4	10	7	12	6			10		4	—	60°	25	6	7	10	7	2	5	2	0.09																						
								16	8		6	10	5	5	12	9	14	8		12												2	5	3	60°	40	8	10	15	10	3	6	3	1.24									
								18	9		7.5	15	12	18	12	6	18		14													16	7.5												36°	50	10	12	18	12		8	5.96
								20	10		8	16	13	20	14	8	20		20	3												6																					
						24	12		9	18	15	22	16	10	22		26		30	4	8	7.5	36°	50	10	12	18	12		8	5.96																						
						26	13		10	20	17	26	20		14		30	22	14		8											7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	1.73												
	22	14		32 34	36 40	5	5	28	14		11	22	18				14		30	4	8	7.5	36°	50	10	12	18	12		8	5.96																						
								30	15		12	24	12		32	24				32												8	7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58											
								32	16		13	26	13	13	26	22				32												8											7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	1.73	
								34	17		14	28	14	15	30	25.5	36	27		4.5	4.5											9																					7.5
	30	24		54 60	62 70	8	5	30	15		13	26	22				15		32		8	7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
								32	16		14	28	14	15	30	25.5	36	27		4.5	4.5											9	7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	1.73											
								34	17		15	30	15	16	32	27	38	28	18		5											5											10	7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	1.73
								36	18		16	32	16	17	38	28	18		5	5	10																						9										
	34	27		60 70		8	5	32	16		15	30	25.5	36	27		4.5	4.5	9	7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																								
								34	17		16	32	16	17	38	28	18		5											5	10	7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	1.73												
								36	18		17	34	17	18	39	29	19		6											6	11											7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	1.73		
	38	30		62 75				38	19		18	36	18	19	40	30	20		6	6	11	7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						40	20		19	38	19	20	42	32	22		7	7	12	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						42	22		20	40	20	22	44	34	24		8	8	14			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						44	24		22	42	22	24	46	36	26		9	9	16	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						46	26		24	44	24	26	48	38	28		10	10	18			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						48	28		26	46	26	28	50	40	30		11	11	20	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						50	30		28	48	28	30	54	42	32		12	12	22			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						52	32		30	50	30	32	56	44	34		14	14	24	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						54	34		32	52	32	34	60	46	36		16	16	26			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						56	36		34	54	34	36	64	48	38		18	18	28	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						58	38		36	56	36	38	68	50	40		20	20	30			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						60	40		38	58	38	40	70	52	42		22	22	32	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						62	42		40	60	40	42	74	54	44		24	24	34			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						64	44		42	62	42	44	76	56	46		26	26	36	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						66	46		44	64	44	46	78	58	48		28	28	38			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						68	48		46	66	46	48	80	60	50		30	30	40	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						70	50		48	68	48	50	82	62	52		32	32	42			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						72	52		50	70	50	52	84	64	54		34	34	44	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						74	54		52	72	52	54	86	66	56		36	36	46			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						76	56		54	74	54	56	88	68	58		38	38	48	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						78	58		56	76	56	58	90	70	60		40	40	50			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						80	60		58	78	58	60	92	72	62		42	42	52	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						82	62		60	80	60	62	94	74	64		44	44	54			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						84	64		62	82	62	64	96	76	66		46	46	56	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						86	66		64	84	64	66	98	78	68		48	48	58			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						88	68		66	86	66	68	100	80	70		50	50	60	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						90	70		68	88	68	70	102	82	72		52	52	62			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						92	72		70	90	70	72	104	84	74		54	54	64	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						94	74		72	92	72	74	106	86	76		56	56	66			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						96	76		74	94	74	76	108	88	78		58	58	68	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						98	78		76	96	76	78	110	90	80		60	60	70			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						100	80		78	98	78	80	112	92	82		62	62	72	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						102	82		80	100	80	82	114	94	84		64	64	74			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						104	84		82	102	82	84	116	96	86		66	66	76	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						106	86		84	104	84	86	118	98	88		68	68	78			7.5	36°	65	15	16	20	15	4	8	2.58																						
						108	88		86	106	86	88	120	100	90		70	70	80	7.5	36°											65	15	16	20	15	4	8	1.73														
						110	90																																														

注：1. 材料为 QT400-15、QT400-17、QT400-18 GB/T 1348—2009；KTH330-08、KTH350-10 GB/T 9440—2010。

2. 轮缘允许制成其他形式和尺寸。

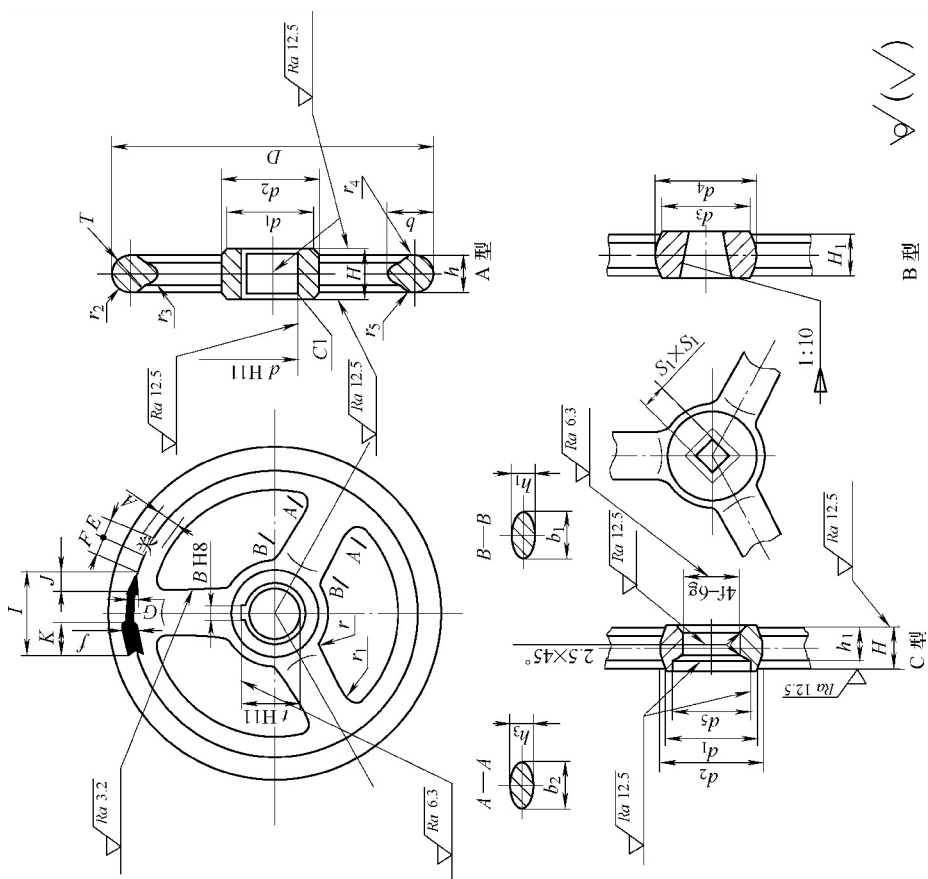
3. 未注明的铸造圆角为 R1.5 ~ R3mm。

4. 手轮的轴线应垂直于轮毂的加工端面。

5. 表中除 D 、 H 、 S 及 S_1 尺寸外，其余尺寸为参考尺寸。

(单位: mm)

表 7-4 平形手轮 A 型、B 型及 C 型结构形式和尺寸



(续)

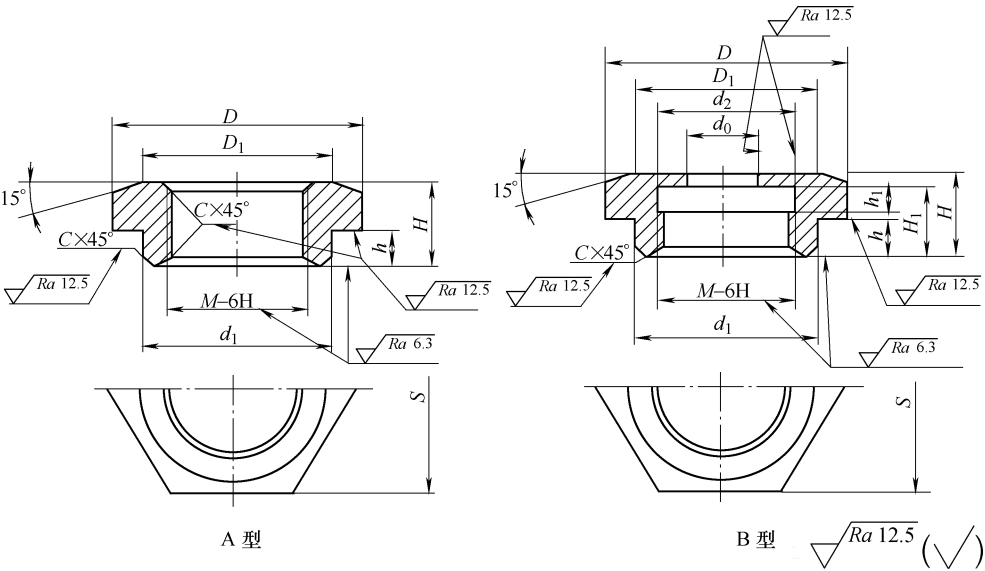
手轮 直径 <i>D</i>	轮 毅										轮 缘										箭头和铸字										参考 质量 /kg		
	A 型		C 型				B 型				根 数	轮					辐					缘					箭头和铸字						
<i>H</i>	<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>M</i>	<i>d</i> ₅	<i>h</i> ₃	<i>H</i> ₁	<i>S</i> ₁	<i>d</i> ₃		<i>d</i> ₄	<i>b</i> ₁	<i>h</i> ₁	<i>b</i> ₂	<i>h</i> ₂	<i>r</i>	<i>r</i> ₁	<i>h</i>	<i>b</i>	<i>r</i> ₂	<i>r</i> ₃	<i>r</i> ₄	<i>r</i> ₅	<i>l</i>	<i>F</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>K</i>	<i>J</i>	<i>f</i>	<i>G</i>	<i>T</i>
18	42	45	—	—	M27×2	34	12	—	—	—	—	18	9	16	8	6	3	3	14	18	7	4	8	30	6	8	8	10	6	2	5	1.5	0.63
20	45	48	26	28.1	M30×2	38	16	20	12	30	32	20	10	18	9	8	5	16	20	8	5	3	10	40	8	10	10	15	10	2	2	0.90	
		34																															
22	50	55	28	30.1	M27×2	42	18	22	32	36	40	24	12	20	10	10	6	22	28	11	6	5	3	10	50	10	12	12	18	12	3	6	1.74
24	55	60	32	34.1																													
28	65	70	35	37.1	M27×2	50	22	26	17	40	48	26	13	22	11	10	6	22	28	11	6	6	12	14	65	15	16	20	15	4	8	3	11.76
30	70	75																															
32	80	85	40	6	M27×2	58	26	30	19	58	62	28	14	24	12	12	8	26	32	13	7	4	16	80	18	20	20	25	20	5	12	16.35	
34	85	90	45	47.6	—	—	—	—	—	—	—	30	15	26	13																		
44	102	110	55	58.1	M27×2	74	34	42	32	70	85	34	17	30	15	15	10	30	36	15	7	4	16	80	18	20	20	25	20	5	12	19.33	
		113										120																					
54	120	130	60	63.6	M27×2	82	34	42	32	75	95	38	19	32	16	20	15	36	42	18	9	5	20	95	20	22	22	30	25	6	15	25.01	
60	65	65	68.6																														
70	125	140	70	73.6	M27×2	82	34	42	32	75	95	40	20	34	17	20	15	36	42	18	9	5	20	95	20	22	22	30	25	6	15	29.11	
	146	160	80	14								84.1																					
80	160	180	90	16	95.1	M27×2	82	34	42	32	75	95	42	21	36	18	20	15	36	42	18	9	5	20	95	20	22	22	30	25	6	15	33.64
90	170	190	100	18	105.1																												

7.5 螺母、螺栓和螺塞（JB/T 1700—2008）

1. 锁紧螺母

锁紧螺母的结构形式分为 A 型、B 型和 C 型，A 型和 B 型锁紧螺母结构形式和尺寸见表 7-6，C 型锁紧螺母结构形式和尺寸见表 7-7。

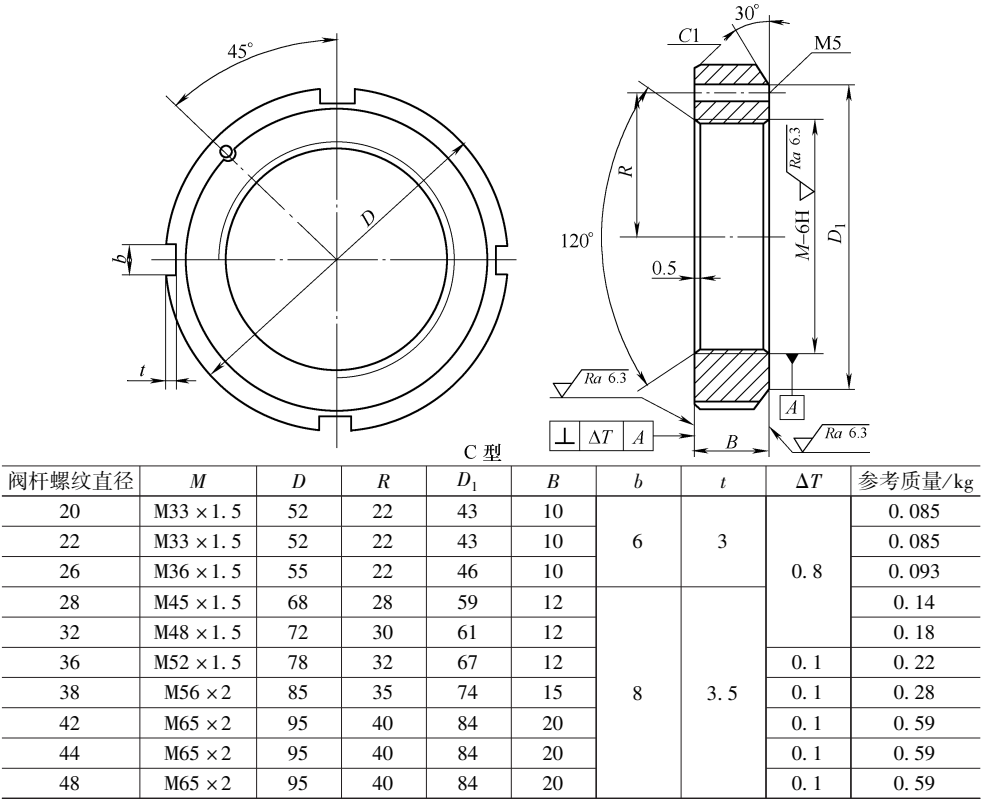
表 7-6 A 型和 B 型锁紧螺母结构形式和尺寸（单位：mm）



M	d_0	d_1	d_2	D	D_1	H	H_1	h	h_1	S	C	参考质量/kg	
												A 型	B 型
M24 × 2LH	10	32	24.5	≈41.6	32	15	12	7	5	36	2	0.05	0.06
M27 × 2LH	12	36	27.5	≈47.3	36	18	15	8		41		0.08	0.09
M30 × 2LH	15	40	30.5	≈53.1	40					46		0.11	0.12
M36 × 2LH	18	48	36.5	≈63.5	48					55		0.15	0.17
M42 × 2LH	22	56	42.5	≈75	56	22	18	10		65		0.26	0.28
M52 × 2LH	30	68	52.5	≈86.5	68					75		0.33	0.36
M64 × 2LH	—	80	—	≈104	80	24	—	12	—	90		0.45	—

- 注：1. 材料为 HT200 GB/T 12226—2010。
2. 普通螺纹的尺寸按 GB/T 196—2003 的规定，公差按 GB/T 197—2003 的规定。
3. 未注公差尺寸的公差等级按 GB/T 1804—2000 中 m 级精度的规定。
4. 用于公称压力 PN6 ~ PN10 的通用阀门阀杆螺母。

表 7-7 C 型锁紧螺母结构形式和尺寸 (单位: mm)

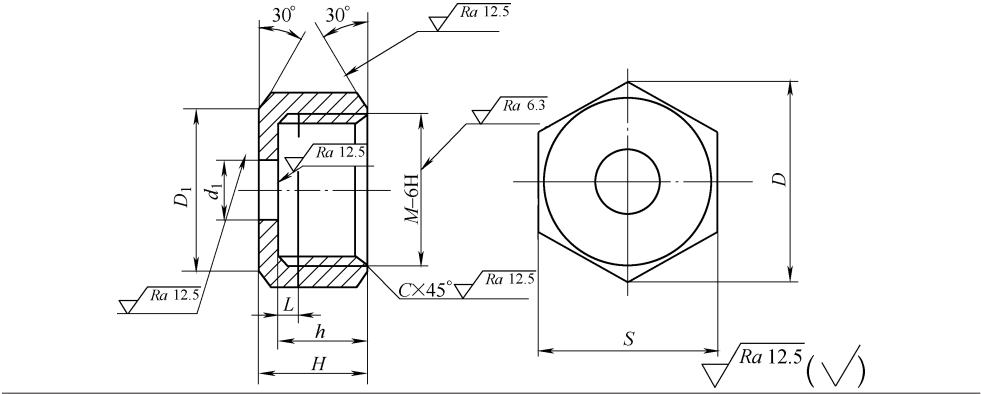


注: 1. 材料为 45 GB/T 699—1999。
2、3. 同表 7-6。
4. 用于公称压力 PN6 ~ PN63, 公称尺寸 DN50 ~ DN300 的铸钢闸阀阀杆螺母。

2. 压紧螺母

压紧螺母的结构形式和尺寸见表 7-8。

表 7-8 压紧螺母结构形式和尺寸 (单位: mm)



(续)

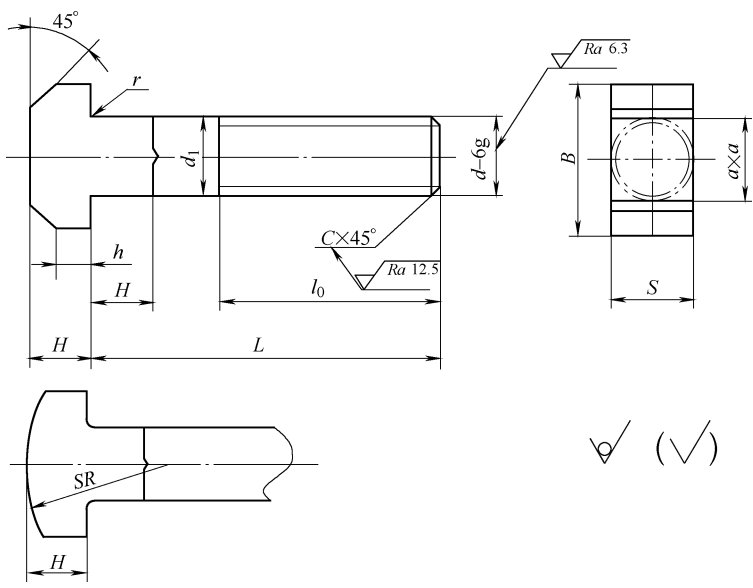
<i>M</i>	<i>d</i> ₁	<i>D</i>	<i>D</i> ₁	<i>S</i>	<i>H</i>	<i>h</i>	<i>L</i>	<i>C</i>	参考质量/kg
M22 × 1.5	9	≈ 31.2	26.0	27	18	14	3	1.5	0.04
M24 × 1.5	11	≈ 34.6	29.0	30					0.05
M30 × 2	13	≈ 41.6	34.5	36	22	18	4	2	0.08
M33 × 2	15	≈ 47.3	39.0	41					0.12

注：材料为 HT150 GB/T 12226—2005。

3. T形螺栓

T形螺栓的结构形式和尺寸见表 7-9，参考质量见表 7-10。

表 7-9 T形螺栓结构形式和尺寸 (单位：mm)

								
<i>d</i>	<i>B</i>	<i>S</i>	<i>H</i>	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>SR</i>	<i>r</i>	<i>C</i>
M8	15	8	6	8	3.0	14	0.5	1.0
M10	20	10	7	10	3.5	18		1.5
M12	25	12	9	12	4.5	22		
M16	30	16	12	16	6.0	28	1.0	2.0
M20	38	20	14	20	7.0	35		
M24	46	24	16	24	8.0	42	1.5	

(续)

L		l_0							
尺 寸	极限偏差	M8	M10	M12	M16	M20	M24		
35	± 1.6	20	—	—	—	—	—		
40		25	25						
45		28	28						
50		30	30	30					
55									
60	—	35	35						
65		40	40						
70		45	45	45					
75		—	50	50					
80			55	55	55				
85	—		—	—	55	60			
90		60							
95		65			60				
100		—			65				
105									
110	65								
115	70				70				
120									
125	± 2.5				—	75	75		
130						80	80		
140						85	85		
150						—	90		
160									
l_0 的极限偏差		$\begin{smallmatrix} +2.0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +3.0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +3.5 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +4.0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +5.0 \\ 0 \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +5.0 \\ 0 \end{smallmatrix}$		

注：1. 材料为 45 GB/T 699—1999。
2. 普通螺纹尺寸按 GB/T 196—2003 的规定，公差按 GB/T 197—2003 的规定。
3. T 形螺栓用于带孔填料压盖填料函。
4. 技术要求按 GB/T 3098. 1—2010 和 GB/T 5779. 1—2000 的规定。
5. 头部和螺栓轴线同轴度的公差等级为 9 级。
6. 车制时，尺寸 $d_1 = d$ ；轧制时，尺寸 d_1 由工艺定。

表 7-10 T 形螺栓的参考质量 (单位: mm)

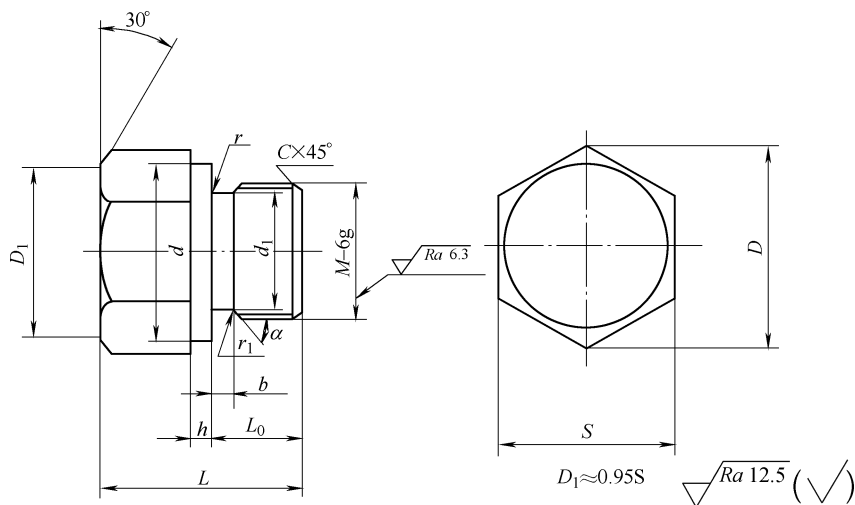
L	每 1000 个参考质量/kg					
	M8	M10	M12	M16	M20	M24
35	17. 69	—	—	—	—	—
40	19. 20	32. 93				
45	20. 90	35. 66				
50	22. 68	38. 51	60. 78			
55	24. 65	41. 59	65. 22			
60	—	44. 09	68. 81			
65		46. 58	72. 41			
70		49. 08	76. 00	145. 24		
75		—	79. 60	151. 90		
80			83. 19	158. 53	260. 41	
85			—	166. 44	272. 73	
90				173. 10	283. 05	
95				180. 99	295. 38	
100				187. 65	307. 70	
105				195. 53	320. 02	
110		—	—	—	330. 34	
115					342. 67	
120					352. 99	528. 41
125					365. 31	546. 16
130					375. 63	561. 07
140					398. 27	593. 73
150					420. 91	626. 39
160					—	659. 05

4. 六角螺塞

六角螺塞的结构和尺寸见表 7-11。

表 7-11 六角螺塞的结构和尺寸

(单位: mm)

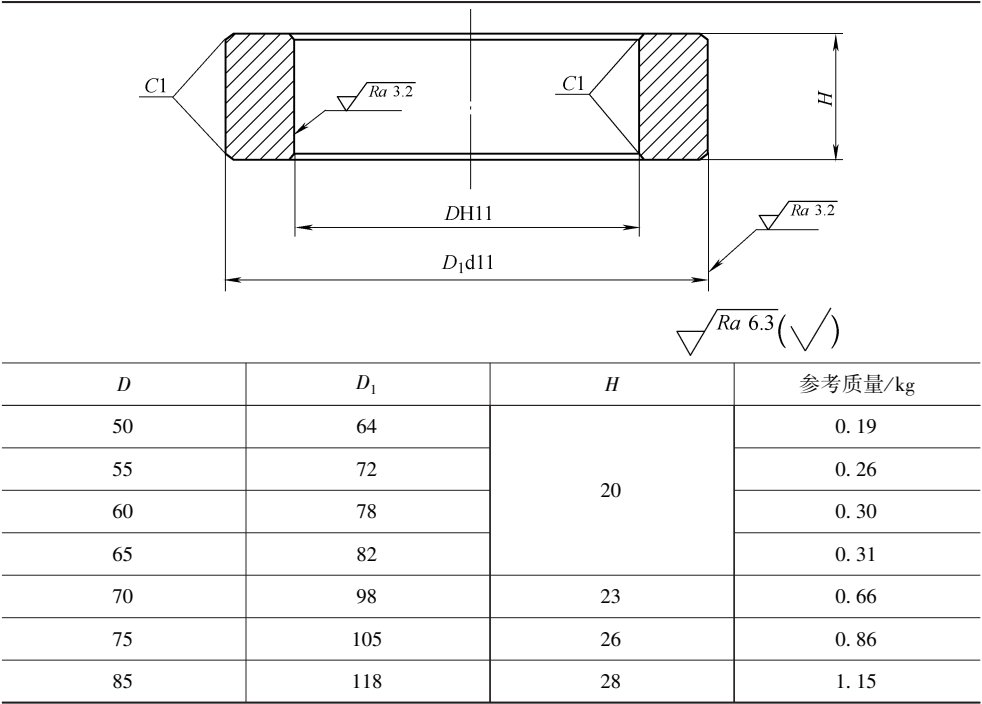


M	d_1	d	D	S		h	L		L_0		C	b	r	r_1	α	参考质量 /kg
				尺寸	极限偏差											
M8×1	6.5	14	16.2	14	$\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.26 \end{smallmatrix}$	2	18	20	10	12	1	2.5	0.5	—	—	0.01
M10×1	8.5	16	19.6	17			20	22			1	2.5				0.02
M12×1.25	10.2	18	21.9	19	$\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.43 \end{smallmatrix}$	3	24	26	12		1.2	3				0.03
M14×1.5	11.5	22	25.4	22			26	30	14		18	1.5				4
M16×1.5	13.8	24	27.7	24	28	32	20	1.5		4	0.07					
M20×1.5	17.8	28	34	30	$\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.52 \end{smallmatrix}$	4			30		35		20	1.5	4	1.0
M24×1.5	21.0	32	36.9	32			32	40	16	34	0.15					
M27×2	24.0	36	43.9	38		6	36	45	20	28	2	5				0.22
M30×2	27.0	40	47.3	41			40	50	22	30						2
M36×2	33.0	46	53.1	46	$\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.62 \end{smallmatrix}$		44	55			24	32				
M42×2	39.0	54	63.5	55			48	60	52	65						
M48×2	45.0	60	69.3	60	56	70	26	34			0.92					
M56×2	53.0	70	80.8	70	$\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.74 \end{smallmatrix}$		56	70	26	34						1.29
六角螺塞的材料				HT200				GB/T 12226—2005								
				Q235				GB/T 700—2006								
				35				GB/T 699—1999								
				35CrMo				GB/T 3077—1999				热处理：调质				
				25Cr2MoV												
				20Cr13				GB/T 1220—2007				热处理：固溶处理				
				1Cr18Ni9Ti												
0Cr18Ni12Mo2Ti																

7.6 衬套（JB/T 1703—2008）

衬套的结构形式和尺寸见表 7-12。

表 7-12 衬套的结构形式和尺寸（单位：mm）



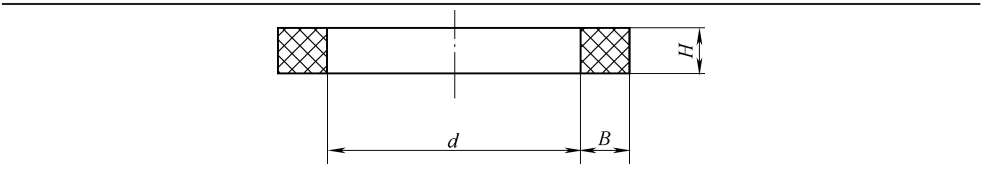
注：1. 材料为 Q235 GB/T 700—2006。
2. 未注公差尺寸的公差按 GB/T 1804—2000 中 m 级精度的规定。

7.7 填料和填料垫（JB/T 1712—2008）

1. 柔性石墨填料

柔性石墨填料的结构形式和尺寸见表 7-13。

表 7-13 柔性石墨填料的结构形式和尺寸（单位：mm）



(续)

d	B	H	第 1000 个参考质量/kg	
			不 夹 铜 丝	夹 铜 丝
8	3		0. 28	0. 35
10			0. 33	0. 41
12	4		0. 73	0. 90
14			0. 82	1. 00
16	5		1. 49	1. 82
18			1. 64	2. 01
20	6		2. 66	3. 25
22			2. 85	3. 48
24			3. 08	3. 76
26	8		5. 82	7. 11
28			6. 57	8. 03
32			7. 26	8. 87
36			8. 01	9. 79
40			8. 70	10. 63
42			15. 30	18. 70
44	10	20. 79		
48		22. 55		
50		17. 01	24. 20	
55		18. 45	25. 96	
60		19. 80	48. 52	
65		21. 24	51. 49	
70	13		39. 70	54. 47
75			42. 13	93. 77
80			44. 57	10. 63
90	16		76. 72	18. 70

2. 塑料填料

塑料填料的结构形式和尺寸见表 7-14 及表 7-15。

表 7-14 塑料填料（A 型）的结构形式和尺寸（单位：mm）

Technical drawing of a valve stem assembly (A型). The drawing shows a cross-section of the stem with two packing rings. Key dimensions are labeled: D_{h11} (total length), d_{H11} (inner length), D_1 (outer diameter), H (height), b (width), and a 90° angle. Surface finish is $Ra 1.6$ and $Ra 3.2$ (✓).

d	D	D_1	H	b	每 1000 个参考质量/kg
8	14	11	3.5	0.2	0.67
10	16	13			0.77
12	20	16	4		1.41
14	22	18			1.59
16	26	21	4.5		2.49
18	28	23			2.73
20	32	26	5		3.98
22	34	28	5	0.2	3.57
24	36	30			5.09
28	44	36	6	0.5	8.89
32	48	40			9.88
26	52	44			10.87
40	56	48			11.85

表 7-15 塑料填料（B 型）的结构形式和尺寸（单位：mm）

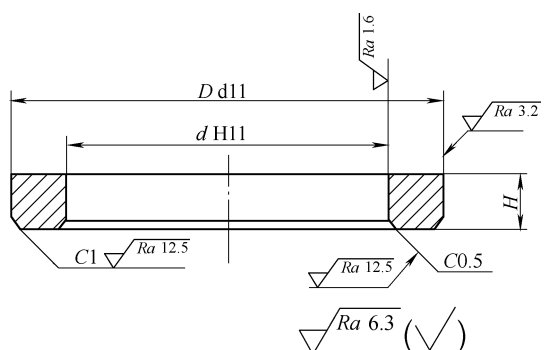
B 型

(续)							
d	D	D_1	H	h	r	b	每 1000 个参考 质量/kg
8	14	11	3.5	≈ 2.5	1	0.2	0.56
10	16	13					0.66
12	20	16	4	≈ 2.6			1.10
14	22	18					1.19
16	26	21	4.5	≈ 2.7			1.85
18	28	23					2.01
20	32	26	5	≈ 3.1	2	2.88	
22	34	28	5	≈ 3.1	2	0.2	3.18
24	36	30					3.91
28	44	36	6	≈ 3.4	22.5	0.5	5.84
32	48	40					6.52
36	52	44					7.13
40	56	48					8.35

3. 用于柔性石墨填料函的填料垫

用于柔性石墨填料函填料垫的结构形式和尺寸见表 7-16。

表 7-16 用于柔性石墨填料函填料垫的结构形式和尺寸 (单位: mm)

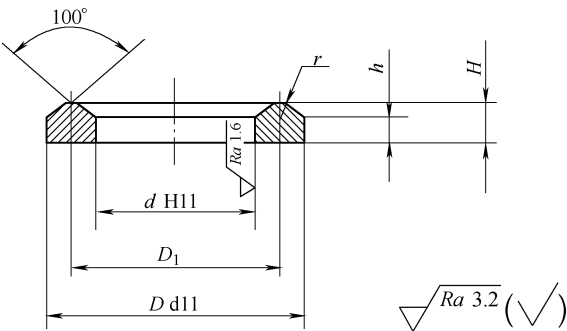
			
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	每 1000 个参考质量/kg
8	14	3	2.15
10	16		2.53
12	20	4	5.54
14	22		6.21

(续)			
<i>d</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	每 1000 个参考质量/kg
16	26	5	11.34
18	28		12.39
36	52	8	60.47
38	—		—
40	56		65.87
44	64	10	116.00
50	70		128.65
55	75		139.19
60	80		149.73
20	32	6	20.20
22	34		21.72
24	36		23.24
26	42	8	46.98
28	44		49.68
32	48		55.08
65	85	10	160.27
70	96	13	300.46
75	101		318.27
80	106		336.08
90	122	16	580.92

4. 用于塑料填料函的填料垫

用于塑料填料函填料垫的结构形式和尺寸见表 7-17。

表 7-17 用于塑料填料函填料垫的结构形式和尺寸 (单位: mm)



(续)

d	D	D_1	H	h	r	每 1000 个参考质量/kg
8	14	11	3.5	≈ 2.5	1	2.63
10	16	13				2.85
12	20	16	4	≈ 2.6		4.00
14	22	18				5.70
16	26	21	4.5	≈ 2.7		9.05
18	28	23				9.93
20	32	26	5	≈ 3.1	2	15.16
22	34	28				16.35
24	36	30				17.55
28	44	36	6	≈ 3.4	2.5	32.34
32	48	40				36.08
36	52	44				40.00
40	56	48				43.50

5. 技术要求

1) 材料与要求的规定见表 7-18。

表 7-18 材料与要求

零件名称	材料	标准号	热处理	温度/℃	说明
柔性石墨填料	柔性石墨	JB/T 6617—1993	—	—	—
塑料填料	聚四氟乙烯	—	—	150	—
	尼龙 66、尼龙 1010	—	—	80	—
用于柔性石墨 填料函的填料垫	HT150	GB/T 12226—2005	—	—	—
	HT200		—	—	—
	QSn3-12-5	—	—	—	不推荐使用
	20Cr13	GB/T 1220—2007	—	—	—
	12Cr18Ni9		固溶处理	—	—
	0Cr18Ni12Mo2Ti			—	—
用于塑料填料 函的填料垫	20Cr13	GB/T 1220—2007	—	—	—
	12Cr18Ni9		固溶处理	—	—
	0Cr18Ni12Mo2Ti			—	—
	Q235	GB/T 700—2006	—	—	镀镍磷合金、铬等 表面处理后可使用

2) 未注公差尺寸的公差等级按 GB/T 1804—2000 中 m 级精度的规定。

附录 阀门的技术术语(GB/T 21465—2008)

A

actuator	执行机构
actuator	驱动装置
adjusting ring	调节圈
adj usting screw	调节螺杆
angle type	角式
anti-static test	防静电试验
arm	摇杆
assisted safety valve	带动力辅助装置的安全阀
axial flow chech valve	轴流式止回阀

B

back seal	上密封
back seal test	上密封试验
balance type	平衡式
ball float	浮球
ball float steam trap	浮球式疏水阀
ball valve	球阀
ball	球体
bellows seal balance safety valve	波纹管平衡式安全阀
bellows seal reducing valve	波纹管式减压阀
bellows seal type	波纹管式
bench testing	工作台上定压试验
bidirectional valve	双向阀门
bimetal elements steam trap	双金属片疏水阀
blow-down valve	排污阀
blowdown	启闭压差
body	阀体
bonnet	阀盖

breaking pin device	折断销装置
bucket float	浮筒
buckling pin device	弯折销装置
built-up back pressure	排放背压力
bursting disk device	爆破片装置
butterfly swing check valve	蝶式止回阀
butterfly valve	蝶阀

C

certified (discharge) capacity	额定排量
chatter	频跳
check valve, non-return valve	止回阀
choked flow	阻塞流
closing valve temperature	关阀温度
cold condensate capacity	冷凝结水排量
cold differential test pressure	冷态试验差压力
conical gear actuator	锥齿轮传动装置
connection dimension	连接尺寸
control valve, adjusting valve	调节阀 (控制阀)
cryogenic valve	超低温阀门
curtain area	帘面积
cylindrical gear actuator	圆柱齿轮传动装置

D

dead band	死区
deviation of rated travel	额定行程偏差
diaphragm reducing valve	薄膜式减压阀
diaphragm valve	隔膜阀
diaphragm	膜片
diaphragm	隔膜
direct spring loaded safety valve	弹簧式安全阀
direct-acting reducing valve	直接作用式减压阀
direct-loaded safety valve	直接载荷式安全阀
disc holder	反冲盘
disc (valve core)	阀瓣 (阀芯)
disc	蝶板

discharge area	排放面积
dise guide	导向套
dividing valve	分配套
double gate	双闸板
double-block-and-bleed alve	双锁紧泄放阀 (DBB)
duplex safety valve	双联弹簧式安全阀

E

electric actuator	电动装置
electrical operated valve	电动阀门
electro hydraulic actuator	电-液联动装置
electro magnetic actuator	电磁驱动装置
electro magnetic-hydraulic actuator	电磁-液联动装置
eq uivalent calculated capacity	当量计算排量

F

face-to-face dimension, face-to-centre dimension	结构长度
fire test	耐火试验
fixed ball valve	固定式球阀
flexible gate disc	弹性闸板
floating ball valve	浮动式球阀
flow area	流道面积
flow coefficient	流量系数
flow diameter	流道直径
flutter	颤振
foot valve, bottom valve	底阀
full lift safety valve	全启式安全阀
full-port valve	全径阀门
fusible plug device	易熔塞装置

G

gate valve	闸阀
gland packing plug valve	填料式旋塞阀
gland, gland flange, one-piece gland	填料压盖
globe diaphragm valve	截止式隔膜阀
globe valve, stop valve	截止阀

H

high pressure valve	高压阀门
high temperature valve	高温阀门
hinge pin	销轴
hot condensate capacity	热凝结水排量
hydraulic actuator	液压驱动装置
hydraulic control valve	水力控制阀
hydraulically/pneumatically operated valve	液动或气动阀门
hysteresis error	滞后误差

I

impact hand wheel	撞击手轮
impulse steam trap	脉冲式疏水阀
inclined disc butterfly valve	斜板式蝶阀
inherent flow characteristic	固有流量特性
inherent rangeability (R)	可调比尺
in-service testing	在用试验
inside screw non-rising stem type gate valve	暗杆闸阀
intrinsic error	基本误差
inverted bucket steam trap	钟形浮子式疏水阀
inverted bucket	钟形罩

L

leakage	泄漏量
lever and weight loaded safety valve	杠杆式安全阀
lever reducing valve	杠杆式减压阀
lever type	杠杆式
lift check valve	升降式止回阀
lift	开启高度
linear pneumatic actuator	直线型气动装置
liquid critical pressure ratio coefficient	液体临界压力比系数
liquid pressure recovery factor (F_L)	液体压力恢复系数 F_L
load steam loss	有负荷漏气量
low lift safety valve	微启式安全阀
low pressure valve	低压阀门
low speed closed check valve	缓闭止回阀

L-pattern three way	L 形三通式
lubricated plug valve	油封式旋塞阀

M

manual operated valve	手动阀门
maximum differential pressure	最大压差
maximum operating back pressure	最高工作背压
maximum operating pressure	最高工作压力
maximum operating temperature	最高工作温度
maximum pressure differential	最大压差
maximum rate of back pressure	最高背压率
maximum subcooled temperature	最大过冷度
maximum temperature at discharging condensate	最高排水温度
middle pressure valve	中压阀门
minimum differential pressure	最小压差
minimum open pressure	最小开启压力
minimum operating pressure	最低工作压力
minimum subcooled temperature	最小过冷度
mixing valve	混合阀
moderate temperature valve	中温阀门
multi-disc swing check valve	旋启多瓣式止回阀
multi-turn actuator	多回转驱动装置

N

net flow area	净流通面积
nominal diameter	公称尺寸
nominal pressure	公称压力
non-reclosing pressure relief device	非重闭式压力释放装置
normal temperature valve	常温阀门
normally closed type	常闭式
normally open type	常开式

O

open bucket steam trap	浮桶式疏水阀
openly sealed safety valve	敞开式安全阀
operating back pressure	工作背压
operating differential pressure	工作压差

operating pressure	工作压力
operating valve temperature	开阀温度
operational characteristics and flow capacity testing	动作性能及排量试验
outside screw rising stem type gate valve	明杆闸阀
overpressure	超过压力

P

packing seat, packing washer	填料垫
packing, packing rings	填料
parallel double gate	平行式双闸板
parallel gate valve, parallel slide valve	平行式闸阀
part-turn actuator	部门回转驱动装置
percent of contact area	吻合度
pilot operated reducing valve	先导式减压阀
pilot operated safety valve	先导式安全阀
piston reducing valve	活塞式减压阀
plug valve	旋塞阀
plug	塞子
pneumatic actuator	气动装置
pneumatic-hydraulic actuator	气-液联动装置
position indicator	位置指示器
potential pressure life test	静压寿命试验
pressure boundary	压力边界
pressure reducing valve	水利控制减压阀
pressure relief device	压力释放装置
pressure seal	压力密封
pressure sustaining, relief valve	持压/泄压阀
pump control valve	水泵控制阀

R

rate of back pressure	背压率
rate of load condensate	负荷率
rate of load steam loss	有负荷漏气率
rate of unload steam loss	无负荷漏气率
rated flow coefficient (K_v)	额定流量系数 K_v
rated flow (Q)	额定流量

rated lift	额定升高
rated travel	额定行程
reclosing pressure relief device	重闭式压力释放装置
reduced-bore valve	缩口阀门
reduced-port valve	缩径阀门
relative flow coefficient (Φ)	相对流量系数 Q
relative travel (h)	相对行程 h
relieving pressure	排放压力
remote float control valve	遥控浮球阀
reseating pressure	回座压力
rigid gate	刚性闸板
rotary pneumatic actuator	回转型气动装置

S

safety valve, relief valve	安全阀
seal test pressure	密封试验压力
seal test	密封试验
seal type	封闭式
sealing face, surface	密封面
seat angle	密封面斜角
seat area	密封面积
seat mean diameter	密封面平均直径
seat	阀座
set pressure	整定压力
shear pin device	剪切销装置
shell test pressure	壳体试验压力
shell test	壳体试验
shell	壳体
single gate	单闸板
slope deviation	斜率偏差
specification	主要性能参数
spring diaphragm reducing valve	弹簧薄膜式减压阀
spring plate	弹簧座
steam jacket type	保温式
steam loss	漏气量
steam trap	蒸汽疏水阀

steam trap	疏水阀
stem, spindle	阀杆
stroke of pneumatic actuator	气动装置的行程
stuffing box	填料函 (填料箱)
subcooled temperature	过冷度
subcooled temperature of close valve	关阀过冷度
subcooled temperature of open valve	开阀过冷度
sub-zero valve	低温阀门
super high pressure valve	超高压阀门
superimposed back pressure	附加背压力
supplementary loaded safety valve	带补充载荷的安全阀
swing check valve	旋启式止回阀

T

temperature at discharging condensate	排水温度
theoretical discharge capacity	理论排量
thermodynamic steam trap	热动力式疏水阀
three way type	三通式
throat diameter	喉径
throttle valve	节流阀
through way type	直通式
thrust	推力
torque	转矩
T-pattern three way	T 形三通式
travel	行程
twin-seat, both seats bi-directional, valve	双座双向阀门
type of connection	连接形式
type of construction	结构形式

U

unidirectional valve	单向阀门
unload steam loss	无负荷漏气量
unseal type	非封闭式

V

vacuum relief valve	真空安全阀
valve	阀门

vertical disc type butterfly valve	垂直板式蝶阀
vertical lift check valve	升降立式止回阀

W

wedge double gate	楔式双闸板
wedge gate valve	楔式闸阀
wedge	闸板
weir diaphragm valve	屋脊式隔膜阀
working pressure	工作压力
working temperature	工作温度
worm gear actuator	蜗杆传动装置

Y

yoke nut	阀杆螺母
yoke	支架
Y-type	直流式

参 考 文 献

- [1] 全国阀门标准化技术委员会. GB/T 12241—2005 安全阀 一般要求 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.
- [2] 全国阀门标准化技术委员会. GB/T 12244—2006 减压阀 一般要求 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [3] 全国阀门标准化技术委员会. GB/T 13927—2008 工业阀门 压力试验 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [4] 全国阀门标准化技术委员会. GB/T 21465—2008 阀门 术语 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [5] 全国阀门标准化技术委员会. JB/T 93—2008 阀门零部件扳手、手柄和手轮 [S]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [6] 全国阀门标准化技术委员会. JB/T 308—2004 阀门 型号编制方法 [S]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [7] 全国阀门标准化技术委员会. JB/T 1700—2008 阀门零部件 螺母、螺栓和螺塞 [S]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [8] 全国阀门标准化技术委员会. JB/T 1703—2008 阀门零部件衬套 [S]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [9] 全国阀门标准化技术委员会. JB/T 1712—2008 阀门零部件填料和料垫 [S]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [10] 张展. 机械设计通用手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [11] 张展. 实用机械传动装置设计手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [12] 宝钢设备部. 引进设备机械维修手册 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1998.
- [13] 张展. 渐开线少齿差行星齿轮传动装置 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.
- [14] 全国化工设备设计技术中心站, 全国锅炉压力容器标准化技术委员会压力管道分技术委员会. 工业阀门选用指南 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2014.
- [15] 陆培文. 实用阀门设计手册 [M]. 3 版. 北京: 机械工业出版社, 2012.



地址：北京市百万庄大街22号

邮政编码：100037

电话服务

服务咨询热线：010-88361066

读者购书热线：010-68326294

010-88379203

网络服务

机工官网：www.cmpbook.com

机工官博：weibo.com/cmp1952

金书网：www.golden-book.com

教育服务网：www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版



机械工业出版社微信公众号 机械工业出版社制造业资讯 机械工业出版社科普平台

上架指导 工业技术 / 机械工程 / 机械设计

ISBN 978-7-111-49491-1

策划编辑◎黄丽梅 / 封面设计◎陈沛

ISBN 978-7-111-49491-1



9 787111 494911 >

定价：49.00元